Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. P. Riethe
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

KLINISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ABFORMGENAUIGKEIT VON HYDROKOLLOID- UND SILIKONABFORMMASSEN BEI DER INDIREKTEN GUSSFÜLLUNGSTECHNIK

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von

Jürgen Wagenhals
aus Stuttgart-Bad Cannstatt

1983

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547613_0014

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. P. Riethe
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

KLINISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ABFORMGENAUIGKEIT VON HYDROKOLLOID- UND SILIKONABFORMMASSEN BEI DER INDIREKTEN GUSSFÜLLUNGSTECHNIK

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von

Jürgen Wagenhals
aus Stuttgart-Bad Cannstatt

1983

Dekan: Professor Dr. W. Frommhold
1. Berichterstatter: Professor Dr. R. Mayer
2. Berichterstatter: Professor Dr. H. Wörner

Offsetdruck Spengler
Lessingstraße 4 · 7401 Neustetten 1
Telefon (0 74 72) 2 21 45

Für Josephine

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	1
1.1 Geschichtlicher Abriß	1
1.2 Literaturübersicht	2
1.3 Bisherige Untersuchungen	4
1.4 Problemstellung der eigenen Untersuchungen	9
2. Eigene Untersuchungen	9
2.1 Versuchsanordnung zur Herstellung der Abformung einer genormten stilisierten Inlay-Kavität am Patienten	10
2.2 Werkstoffe	13
2.2.1 Hydrokolloide	13
2.2.2 Silikone	15
2.3 Die angewandten Materialien und ihre Verarbeitung	16
2.4 Die Abformverfahren zur Modellherstellung	19
2.4.1 Abdruckserie H RUBBERLOID HEAVY BODIED-WHITE, Hydrokolloid-Doppelmischabdruckverfahren	19
2.4.2 Abdruckserie S SILAPLAST NEU - SILASOFT NEU, Korrekturabdruck-verfahren mit Abflußrillen	20
2.4.3 Abdruckserie O OPTOSIL-XANTOPREN PLUS, Doppelmischabdruck-verfahren	20
2.4.4 VEL-MIX STONE Modellherstellung	20
2.5 Die ZEISS - Universalmeßmaschine	21
2.5.1 Die Durchführung der Messung an der ZEISS-Universalmeßmaschine	24
2.5.2 Meßunsicherheit und Meßabweichung	25

UNIV. LEIDEN BIBL.

2.6 Messungen 27
2.6.1 Auswahlkriterien der Meßstrecken 27
2.6.2 Plan zur Vermessung des Originals 28
2.6.3 Das Auswertungsverfahren 31

3. Ergebnisse 32

3.1 Zusammenfasssung der Ergebnisse 44

4. Diskussion 46

5. Zusammenfassung 70

6. Literaturverzeichnis 72

1. Einleitung

Obwohl die Sekundär-Kariesrate bei Gußfüllungen nach R.MAYER (1981) 8 % bzw. bis zu 20 % nach C.H.PLATHNER (1980) betragen soll, sind Gußfüllungen, bei richtiger Indikationsstellung, vorteilhafter gegenüber plastischen Füllmaterialien.
So stellten E.SONNABEND und G.MASCHINSKI (1981) fest, daß die Randspaltbreite und -tiefe mit der Liegedauer vornehmlich beim Amalgam, weniger aber bei Gußfüllungen zunimmt.
Gegenüber Kronen zeichnen sich Gußfüllungen durch geringeren Substanzverlust beim Beschleifen aus. In einer Analyse von Untersuchungen stellten TH.KERSCHBAUM und R.VOß (1981) fest, daß nahezu ein fünftel aller Zahnkronen, aber nur etwa 6 % der Inlays mit Okklusionsfehlern behaftet waren.
Der Erfolg einer Gußfüllung bzw. ihre "Lebensdauer" hängt von vielen Faktoren ab, die vom Behandler und Patient beeinflußbar sind.
Die Verhütung von Sekundärkaries erfordert eine gute Mundhygiene des Patienten, sowie eine optimale Arbeitsweise beim gesamten Herstellungsprozeß einer Gußfüllung von seiten des Behandlers.
Von Bedeutung ist hierbei insbesondere, daß das vom Behandler angewandte Verfahren zur Abformung der Kavität zu einem identischen Arbeitsmodell führt. Zur Vermeidung von Sekundärkaries muß der Behandler dafür sorgen, daß der Randspalt einer Gußfüllung so gering als möglich gehalten wird. Dieses Ziel kann nur über eine fast exakte Wiedergabe durch die Abformung erreicht werden.

1.1 Geschichtlicher Abriß

Die folgenden Angaben wurden in Anlehnung an die Veröffentlichungen von L.CATAGNOLA, J.WIRZ, K.FENNER (1974), V.STACHNISS (1978), D.G.WERNER und R.MAYER (1980) zusammengestellt und von uns aktualisiert.

1756 beschreibt PHILIPP PFAFF in seinem Buch "Abhandlung von den Zähnen" die Abformung von unbezahnten Kiefern mit Siegelwachs

1820 führt DELABARRE Abdrucklöffel ein

1840 macht DWINELLE Angaben zur Verwendung von Gips als Abformmaterial

1860 werden von STENTS thermoplastische Kompositionsmassen angewendet, bestehend aus Harzen und Füllstoffen.

1864 führt SCHOTT ein Abformverfahren mit Guttapercha ein.

1925 entdeckte POLLER aus Wien den Werkstoff Hydrokolloid.

1926 führte POLLER das Hydrokolloid als Abformwerkstoff in die Zahnheilkunde ein.

1928 werden von der Firma DE TREY-CAUL die Hydrokolloidabformprodukte NEGACOLL und DENTOCOLL produziert.

1937 entwickelte SEARS die heute noch angewandte Spritzen-Löffel-Abformmethode für die Inlay-, Kronen- und Brückentechnik.

1940 entdeckte WILDING die Alginate; sie fanden als irreversible Hydrokolloide Eingang in die Zahnheilkunde.

1954 wurden die Polysulfide entdeckt.

1955 folgt die Entdeckung der Silikone.

1964 wurden Abformmaterialien auf Polyätherbasis entdeckt und zur Anwendung gebracht.

1956 beschrieb E.STAHL das Doppelabdruckverfahren

1965 stellte HOFMANN das Korrekturabdruckverfahren für festsitzenden Zahnersatz vor.

1.2 Literaturübersicht

Wegen der Bedeutung der Abformmaterialien in der Zahnheilkunde ist die Anzahl der Veröffentlichungen entsprechend groß.
Mit der klinischen Erprobung der Silikon- und Hydrokolloidabformmassen befaßten sich G.HANEL (1955), R.WILL (1958), R.WALSER (1958), R.ZÖLLICH (1959), H.BÖTTGER (1962), C.H.PLATHNER und J.RICHTER (1964), H.WUPPER (1966), L.BREISACH (1971), A.GUTOWSKI (1971), F.EIFINGER (1972), W.EBERSBACH (1974), U.KOZYKOWSKY (1974), L.CASTAGNOLA und J.WIRZ (1976) und R.J.EIJEKELENBORG (1981).

Den Einfluß von Anmisch-, Verarbeitungs- und Abbindezeit untersuchten und beschrieben A.EFFINGER (1958), W.A.C.MILLER, W.C.HANSEN, G.DICKSON und W.T.SWEENY (1960), J.W. MC LEAN (1958), F.CUSTER, L.UPEDEGROVE und M.WARD (1964), A.R.CHONG und A.R.DOCKING (1969), A.GUTOWSKI (1971), G.FRANZ und H.RITZE (1972), H.SCHWICKERATH und H.J.REHBERG (1974), H.MEINERS (1980). Hierbei wurde für die elastomeren Abformmassen festgestellt, daß die oben genannten Zeiten abhängig von Temperatur und Härtermenge sind. Bei Hydrokolloiden ist lediglich die Abbindezeit wesentlich von der Temperatur abhängig.

Die chemischen Zusammensetzungen und Strukturen derAbformmassen wurden beschrieben von A.EIFINGER (1958), E.W.SKINNER und R.W.PHILIPPS (1969), H.MEINERS (1973, 1977, 1978), D.KULENKAMP, B.HANSEN und K.H.SCHULZ (1976), L.CASTAGNOLA und J.WIRZ (1976), R.MARXKORS und H.MEINERS (1978), V.STACHNISS (1978), D.WELKER und M.MEHNER (1979), R.J.EIJKELENBORG (1981).

Das von der Viskosität des Abdruckmaterials abhängige Fließverhalten wurde beschrieben von M.BRANDEN (1967), P.LUDWIG (1967), H.SCHWICKERATH (1972), H.J.REHBERG (1979), D.WELKER und M.MEHNER (1979). P.LUDWIG (1967), M.HOFMANN und P.LUDWIG (1968), H.J.REHBERG (1969) und H.PFANNENSTIEL (1970) untersuchten die Shorehärte, die als Maß für die Festigkeit des Primärabdruckmaterials von Bedeutung ist.

G.HENKEL (1956), H.MEYER und H.UHLIG (1957), J.STÜBEN (1963), H.RITZE (1965), W.WILHELM (1970), R.KREBS und H.MARX (1972), D.LEO (1972), H.SCHWICKERATH (1972), M.M.WOLKENSZTEIJN (1973), E.LENZ (1976), H. MEINERS, R.MARXKORS und M.WRONSKA-GOLDA (1980) führten Untersuchungen zur Abdruckschärfe von Abformmaterialien durch.

Mit dem Elastizitätsverhalten, dem Rückstellvermögen und der daraus erfolgenden bleibenden Deformationen beschäftigten sich G.HENKEL (1956), H.MEYER (1956), A.EFFINGER (1958), J.STÜBEN (1963), P.WASSERMANN (1964), T.KLEMM (1965), E.LENZ und D.WELKER (1969), H.J.REHBERG (1969), R.BUTZ (1970), W.SCHILDT (1970), T.FRANZ (1972), H.SCHWICKERATH (1972), M.H. REISBICK (1973), T.H.KALOYANNIDES (1973, 1975), H.SCHWICKERATH und H.J. REHBERG (1974), H.MEINERS (1977, 1980), R.MARXKORS und H.MEINERS (1978).

Das Dimensionsverhalten wurde mit den verschiedensten Versuchsanordnungen und Meßvorrichtungen untersucht von G.HENKEL (1956), H.MEYER (1956), V.K.ILG (1958, 1959), J.N.ANDERSON (1958), A.EFFINGER (1958), G.AHRENS und R.NAUJOKS (1961), J.BACHMANN (1965), R.FRANZ (1966), P.LUDWIG (1967), P.FUCHS und L.KOBES (1967), U.FEIN (1969), E.W.SKINNER und R.W.PHILLIPS (1969), P.HUPPMANN (1969), H.PFANNENSTIEL (1970), R.SCHWINDLING (1960, 1966, 1970), F.PARIWASH (1971), D.BROWN (1973), H.MEINERS (1973, 1977), H.SCHWICKERATH und H.J.REHBERG (1974), E.LENZ (1976), V.STACHNISS (1978), R.MARXKORS und H.MEINERS (1978), H.MEINERS, R.MARXKORS und M. WRONSKA-GOLDA (1980). Bei allen Untersuchungen wurde eine Kontraktion der Silikonabformmaterialien festgestellt, deren Ausmaß von der Abbindetemperatur, der Lagerzeit des Abdrucks und der beim Ausgießen vorherrschenden Raumtemperatur abhängig ist. Außerdem ist die Kontraktion abhängig von der Viskosität des Abformmaterials. Für die hochviskösen Erstabdruckmassen beträgt sie bei einer Raumtemperatur von 20°C nach 24 Stunden ungefähr 0,5 % linear und für die niedrigviskösen, füllstoffarmen Korrekturmassen ungefähr 1 % linear.

1.3 Bisherige Untersuchungen

V.K.ILG (1958, 1959) untersuchte mit Hilfe einer optischen Meßmethode das Dimensionsverhalten von Silikonabformmassen. Er konnte feststellen, daß einer primären Kontraktions- und Expansionsphase eine ständige Kontraktion folgt, welche nach 24 Stunden linear 0,5 - 0,8 % beträgt. Bei den Untersuchungen an einer positiven Präparation (Kegelstumpf) und einer negativen Präparation (Kavität) zeigte sich mit der Liegedauer des Abdruckes eine "zunehmende Vergrößerung und Verzerrung" der Abdruckhohlform (positive Präparation), wie auch eine "zunehmende Verkleinerung und Verzerrung" der Kavität. ILG stellte fest, daß das Dimensionsverhalten der Silikonabformmassen von der Lagerungsdauer des Abdrucks, der Lagerungstemperatur und der Schichtdicke des Abformmaterials abhängt.

G.AHRENS und R.NAUJOKS (1961) untersuchten die Materialien LASTIC 55, IMPRESSIONAL und PERMLASTIC auf ihre Eignung für die indirekte Inlaytechnik hinsichtlich ihrer Gewichtsveränderung, Abdruckschärfe, Volumenveränderung und Paßgenauigkeit bei Gußfüllungen.

Die Abdruckschärfe wurde durch die Abformungen von Schallplattenrillen und mit Hilfe des Lichtschnittverfahren untersucht, wobei die Übereinstimmung zwischen Abdruck und Original sehr groß war. Gewichtsverlust und Volumenveränderungen konnten bei allen Materialien beobachtet werden. Untersuchungen hinsichtlich der Paßgenauigkeit ergeben einen schon mit bloßem Auge erkennbaren Randspalt, dessen Messung 75 bis 90 µm erbrachten.

J.STÜBEN und W.F.HOPPE (1961) führten ihre Untersuchung an zwei aus V_2A- Stahl gefertigten stilisierten MOD-Kavitäten durch. Sie untersuchten dabei die Verwendung gummielastischer Materialien bei der indirekten Methode zur Herstellung von Gußfüllungen. Untersucht wurden Alginate und Silikone. Dabei unterlagen die Abweichungen der Alginate einer großen Schwankungsbreite, beim IMPREX-Abdruck nämlich +2,51 bis -3,34 % linear. Die Schwankungsbreite bei den Silikonen war dagegen wesentlich geringer, bei SILONE-Abdrücken +0,16 bis -0,21 % linear.

P.RIETHE (1963) befaßte sich bei seinen Versuchen mit der Paßgenauigkeit von MOD-Gußfüllungen, unter Heranziehung von fünf verschiedenen Silikonmassen, sieben Modellwerkstoffen und drei Gußlegierungen.
An einer stilisierten MOD-Kavität aus Stahl nahm er im Doppelabdruckverfahren mit einem genormten Löffel Abdrücke und gewann somit 350 Modelle und 350 darauf gefertigte Gußfüllungen. Es wurden nun die Gußfüllungen auf das Originalmodell gesetzt und die Randspalte optisch vermessen. Die mit DUALLOR G hergestellten MOD-Inlays zeigten in Verbindung mit DUROC und SILONE oder LASTIC 55 die besten Ergebnisse mit einer mittleren Spaltbreite von 0,03 mm.

H.BERGMANN und E.KÖRBER (1966) benutzten für ihre Untersuchung über Abdruckmaterialien für Kronen und Brücken einen quaderförmigen Prüfkörper. Untersucht wurden die Silikonabdruckmaterialien, Polysulfidkautschukabdruckmaterialien und Polyätherabdruckmaterialien mittels verschiedener Abdruckverfahren hinsichtlich ihrer Flächenwiedergabe. Die Abdrücke wurden nach einer Lagezeit von 24 Stunden ausgegossen. Die Verfasser konnten nachweisen, daß Flächen generell verzerrt wiedergegeben werden. So lagen z.B. die Abweichungen in den Flächenzentren bei den nach den Doppel- abdrücken gefertigten Modellen zwischen 0,006 % und

3,0 %. Die Verfasser führen die Abweichungen im Wesentlichen auf die Abformtechnik, das Material und die Abdrucklöffel zurück.

M.HOFMANN und P.LUDWIG (1968) untersuchten mit Hilfe von zwei genormten Kegelstümpfen das Dimensionsverhalten verschiedener Abdruckmaterialien im Zusammenhang auf ihre Eignung für das Korrekturverfahren. Dabei konnte festgestellt werden, daß mit zunehmender Alterung des Abdruckmaterials Verzerrungen der Kegellumina, Abstandsverminderung zwischen den Kegelstümpfen und Veränderungen der Kegelachsenneigung auftraten. Aus ihren Meßergebnissen folgerten die Autoren, daß für das Korrekturabdruckverfahren nur zähplastische Abdruckmassen in Kombination mit niedrigviskösen Korrekturmassen geeignet sind. Zur Kompensation der zentrischen Schrumpfung wird empfohlen, kleine perforierte Abdrucklöffel zu verwenden. "Verpressungen" sollen durch sparsamen Gebrauch des Korrekturmaterials vermieden werden. Für supragingival liegende Gußfüllungskavitäten wird das Doppelmischabdruckverfahren empfohlen.

E.W.SKINNER und R.PHILLIPS (1969) stellten bei ihren Untersuchungen fest, daß Polysulfide wie auch Silikonabformmassen bei Abkühlung von 37°C auf 20°C einer linearen Kontraktion von bis zu 0,34 % ausgesetzt sind, wobei diese thermische Kontraktion bei einer Temperatur von 37°C beim Ausgießen des Abdrucks vermieden werden kann. Weitere Messungen ergaben, daß sich die Kontraktion der Abformmaterialien mit zunehmender Alterung verstärkt, nach 3 Tagen Liegedauer bis zu 0,8 % linear. E.W.SKINNER und R.W.PHILLIPS (1969) empfehlen deshalb das Ausgießen der Abdrücke innerhalb der ersten Stunde nach Abdrucknahme.

E.KÖRBER und H.LEHMANN (1969) beschäftigten sich mit dem Formverhalten von Abdrücken, welche mit Hilfe des Doppelmisch-, des Korrektur- und des Kupferringabdruckverfahrens hergestellt wurden. Abgeformt wurde ein genormter, leicht konischer Metallstumpf. Eine Abdruckserie wurde sofort nach Abdrucknahme, eine andere erst nach 48 Stunden mit Modellgips ausgegossen. Zur Vermessung diente ein Meßmikroskop. Beim Kupferring-Kerr-Abdruck waren die Stümpfe grundsätzlich breiter als das Original, beim Korrekturabdruck schmäler. Nahezu originalgetreue Abformungen wurden bei den Doppelmischabdrücken, wie auch beim Kupferringabdruck mit CARDEX-SUPER erzielt. Die Abweichungen wurden sowohl auf die Abdruck-

materialeigenschaften wie auch auf die Abdruckmethode zurückgeführt.

W.FINGER und P.LOCKOWANDT (1972) zeigten in ihrer Untersuchung, wie durch die Lagerungsdauer der Abdrücke das Ausmaß der Kontraktion der Abformmaterialien ("gezielte Kontraktionssteuerung") beeinflußt wird. Es soll damit bei Kronenstumpfmodellen eine Modellvergrößerung erreicht werden, um einen ca 50 µm starken Spalt für den Befestigungszement zu schaffen. Bei Polysulfiden (PERMLASTIC) in Verbindung mi der Doppelmischtechnik muß deshalb eine Verarbeitungszeit von 15 min s zu 24 Stunden eingehalten werden, für Silikonabdruckmaterialien (MTOPREN) soll die Lagerungsdauer zwischen einer und zwei Stunden liegen. Im Vergleich von Polysulfidabdrücken mit Hydrokolloidabformungen zeigten die letzteren eine erhebliche Modellverkleinerung in vertikaler Richtung (Stumpflänge).

H.J.BERGER, R.MARXKORS und H.MEINERS (1973) untersuchten die Ungenauigkeiten der ringlosen Abformung mit Silikonen. Sie konnten bei ihren Untersuchungen nachweisen, daß neben Verdrängungs- und Schrumpfungseffekten auch endogene Spannungen Einfluß auf die Genauigkeit der Stumpflumina ausüben.

B.RAU zusammen mit R.MAYER (1975) untersuchte an genormten Kavitäten, die in ihrer Form und Dimension üblichen Gußfüllungspräparationen angepaßt waren, die Materialien SILAPLAST, SILASOFT und KERR CITRICON/CITRICON WASH bezüglich ihrer Abformgenauigkeit in Kombination mit unterschiedlichen Abformtechniken. Die besten Ergebnisse wurden beim Korrekturabdruckverfahren mit Entlastungsrillen erzielt, die ein Abfließen des Korrekturabdruckmaterials ermöglichen. Die durchschnittlichen Abweichungen lagen bei dieser Abdruckserie bei linear ± 0,25 %. Beim Folienabdruckverfahren mit KERR CITRICON/CITRICON WASH wurden die größten Abweichungen gemessen, die linear ± 0,65 % betrugen.

H.LANDT und P.-O.GLANTZ (1977) führten Untersuchungen über die Benetzbarkeit von Dentin mit Silikon-, Polysulfid- und reversiblem Hydrokolloidabformmaterial durch. Die Benetzbarkeit wurde mit Hilfe der Kontaktwinkelmessung zwischen Abformmaterial und Dentin ermittelt. Von den untersuchten Materialien wurde bei reversiblem Hydrokolloid die beste Benetzbarkeit auf befeuchtetem Dentin festgestellt, gefolgt von den

Silikon- und Polysulfidmassen auf getrocknetem Dentin; weniger erfolgreich war die Vorbehandlung der Oberfläche mit Hilfe von Silikonöl. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß im Mund keine absolut trockenen Dentinflächen vorhanden sein können, kommen H.LANDT und P.-O.GLANTZ zu dem Schluß, daß reversible Hydrokolloide beste Grundvoraussetzungen besitzen, um eine exakte Abformung zu erzielen.

D.G.WERNER (1980) untersuchte anhand eines Prüfquaders und zweier simulierter zweiflächiger Gußfüllungskavitäten die Abformgenauigkeit unterschiedlicher Abdruckverfahren und Abformmaterialien. Zur Anwendung kam dabei das Hydrokolloidabdruckverfahren, das Doppelmischabdruckverfahren mit OPTOSIL (BAYER) und XANTOPREN PLUS (BAYER) und das Korrekturabdruckverfahren mit SILAPLAST NEU (DETAX DENTAL) und SILASOFT NEU (DETAX DENTAL). Die Versuche wurden mit unbefeuchteten, wie auch befeuchteten Prüfkörpern durchgeführt. Die besten Ergebnisse zeigten sich bei der Korrekturabdruckserie mit befeuchteten Stümpfen mit einer durchschnittlichen Abweichung von - 0,1 µm, gefolgt von der Doppelmischabdruckserie mit befeuchteten Stümpfen mit einer durchschnittlichen Abweichung von + 0,7 µm. Das schlechteste Ergebnis zeigte sich beim Hydrokolloidabdruckverfahren mit getrockneten Stümpfen mit einer mittleren Abweichung von - 5,3 µm.

H.J.REHBERG und H.SCHWICKERATH (1981) untersuchten die Genauigkeit von Abformung und Modell bei der Inlayherstellung. Sie verwendeten dabei konventionelle Silikon-Abformmassen und perforierte Metall-Löffel. Die Abformung von stilisierten Molaren und Prämolaren aus Messing mit MO- oder MOD-Kavitäten wurde bei 35°C vorgenommen und nach 72 Stunden folgte das Ausmessen der Abdrücke, anschließend wurden die Abdrücke mit Hartgips vom Typ IV (VEL-MIX STONE) ausgegossen. Die nach dem Korrektur-, Ergänzungs- und Doppelmischabdruckverfahren hergestellten Abdrücke gaben nach 72 Stunden Lagerdauer die Inlay-Kavitäten "recht genau" wieder. Die Hartgipsmodelle zeigten alle eine Vergrößerung der Meßstrecke um 1 bis 2 hundertstel Millimeter gegenüber dem Original.

A.MAILE (1982) führte vergleichende Untersuchungen des Dimensionverhaltens neuer elastischer Abdruckmaterialien an untersichgehenden Stellen durch. Es wurden Abdruckmassen auf Alginatbasis, Hydrokolloidbasis, Polyätherbasis, Polysulfidbasis, Vinylpolysiloxanbasis und Silikonbasis untersucht.

Verglichen wurden auch das Doppelmischabdruckverfahren, das Korrekturabdruckverfahren und das Einphasenabdruckverfahren. Die besten Dimensionseigenschaften zeigten die additionsvernetzten Silikone gefolgt von Polyäther. Das Doppelmischabdruckverfahren erwies sich dem Korrekturabdruckverfahren etwas und dem Einphasenabdruck deutlich überlegen.
Das Hydrokolloid-Abdruckmaterial zeigte in den untersichgehenden Bereichen eine starke bleibende Verformung, dagegen war die Abformleistung im Bereich geringer Belastungen hervorragend.

1.4 Problemstellung der eigenen Untersuchungen

In Anlehnung an B.RAU (1975) als auch an D.G.WERNER (1980) soll praxisbezogen, d.h. hier in vivo, an Hand einer genormten Gußfüllungskavität die Abformgenauigkeit von Doppelmisch-, Korrektur- und Hydrokolloidabdruckverfahren untersucht werden.
Beachtung finden dabei folgende Fragen:

- Wird durch das Doppelmischabdruckverfahren ein besseres Ergebnis erzielt als durch das Korrekturabdruckverfahren?
- Ist das Abdruckverfahren mit Hydrokolloiden dem Doppelmischabdruckverfahren und/oder dem Korrekturabdruckverfahren ebenbürtig oder überlegen?
- Zeigt das Abformverfahren mit Hydrokolloiden oder Silikonen bessere Eigenschaften?

2. Eigene Untersuchungen

Die verschiedenen Abdruckverfahren mit ihren unterschiedlichen Werkstoffen sollten klinisch auf ihre Genauigkeit in der Wiedergabe untersucht werden.
So wurde zuerst eine genormte Kavität entwickelt, die in stilisierter Form und ihrer Dimension einer Gußfüllungskavität ähnlich war, die aber auch den meßtechnischen Anforderungen entgegenkam.
Zum zweiten mußte diese gewählte Form auf einen extrahierten Zahn übertragen werden. Dieser so beschliffene Zahn wurde dann derartig gestaltet, daß er in eine eigens für diesen Zweck hergestellte Einstückgußprothese mittels Schraube fixiert werden konnte.

2.1 Die Versuchsanordnung zur Herstellung der Abformungen einer genormten stilisierten Inlay-Kavität am Patienten

Als Prüfkörper diente ein extrahierter und nach Desinfektion in physiologischer Kochsalzlösung aufbewahrter Molar.

Mit Hilfe des Hochleistungs-Turbinenfräsgerätes D-F 200 der Firma HARNISCH & RIETH (Abb. 1), wurde in diesen Zahn eine stilisierte zweiflächige MO-Kavität (Abb. 2) eingefräst. Eine HARVARD CEMENT-Unterfüllung wurde mit dem gleichen Fräsgerät bzw. einem Polierdiamantinstrument geglättet.

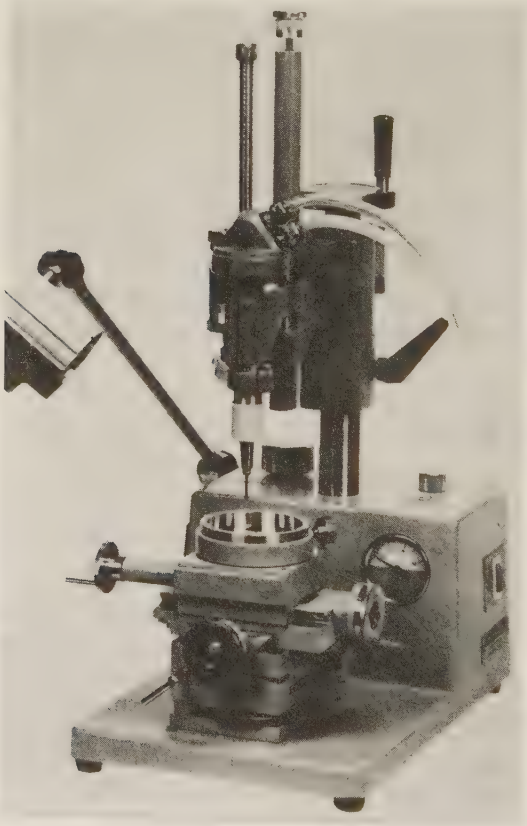

Abb. 1 Hochleistungs-Turbinenfräsgerät D-F 200

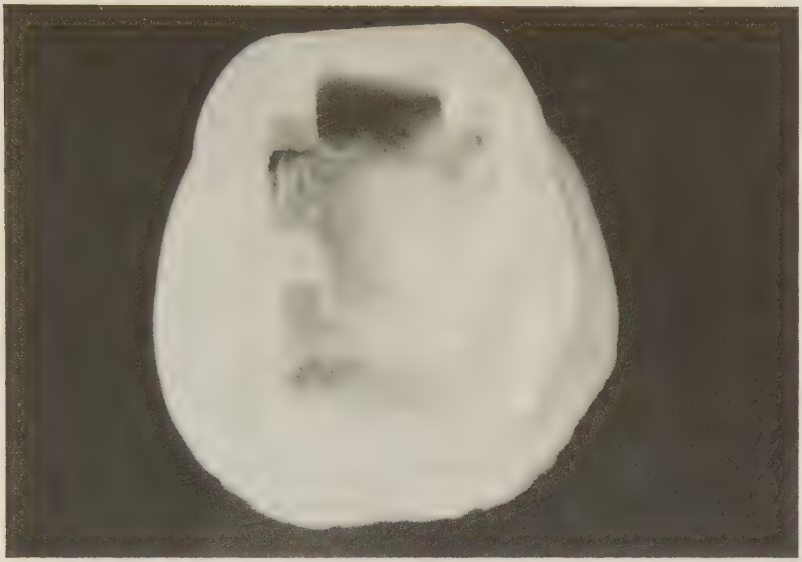

Abb. 2 Prüfling mit stilisierter zweiflächiger MO-Kavität

Um das meßtechnishe Verfahren zu erleichtern, wurde der Zahn distal mit einer glatten Fläche, und an der Modellbasis mit einem 1,5 mm überstehenden Sockel versehen.
Mit Hilfe einer 1 mm Schraube und Autopolymerisat wurde der Zahn an der Unterseite zentral mit einem Gewinde versehen.
Parallel zu diesen Vorbereitungen wurde, nachdem ein geeigneter Patient gefunden war, eine Einstückgußprothese hergestellt, die den Prüfkörper aufnehmen konnte (Abb. 3 und 4).

Bei unserem Testpatient lag folgende Situation vor:

Der OK war mit einer Totalprothese versorgt. Im UK fanden wir eine zwölf Jahre alte partielle Kunststoffprothese vor, die die Zähne 35, 36, 44, 45, 46 ersetzte und dringend erneuert werden mußte.
Zuerst wurden der Zahn 37 mit einer Vollgußkrone, die Zähne 44 und 34 jeweils mit einer VMK-Verblendkrone versorgt. In jede Krone wurde die Klammerauflage der im nächsten Schritt hergestellten Einstückgußprothese eingearbeitet.

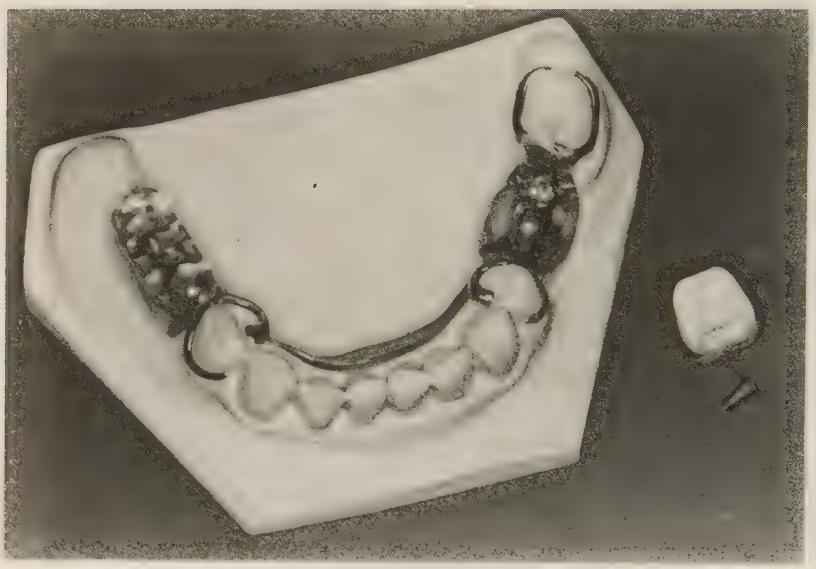

Abb. 3 Modell mit ESG-Versuchsprothese und Prüfkörper

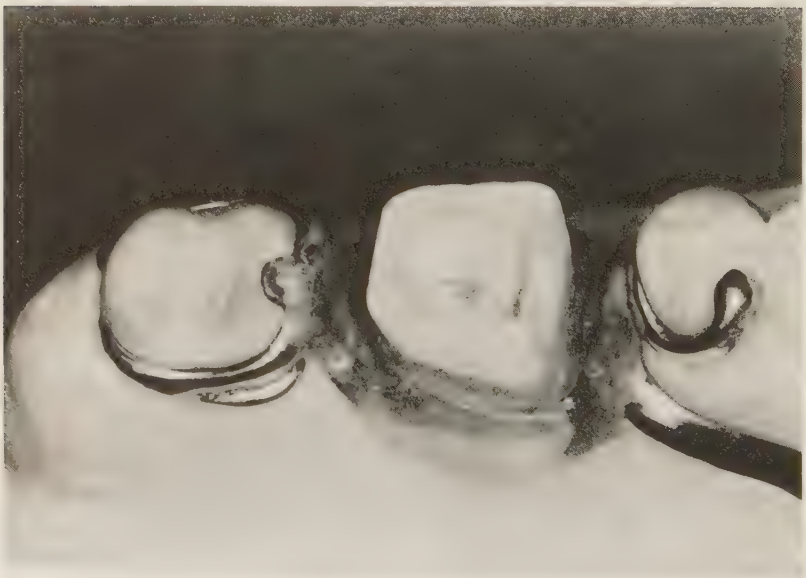

Abb. 4 Eingesetzter Prüfkörper

Die Konstruktion der prothetischen Versorgung wurde so gewählt, daß sie sowohl für den Patienten als auch für unsere Untersuchungen eine befriedigende Lösung darstellte.

Für unsere Untersuchungen fertigten wir ebenfalls ein Einstückgußgerüst an. Durch die Auflagen 34 und 37 als auch 43 erzielten wir eine ausreichende Stabilität für unsere Versuche. Um die mögliche Hebelwirkung am Freiendsattel im vierten Quadranten zu verringern, wurde die Prothese hier verkürzt. Das freie Ende wurde mit Autopolymerisat so gestaltet, daß keine untersichgehende Stellen vorhanden waren, um unnötige Behinderungen und Verkantungen beim Abziehen der Abdrucklöffel zu verhindern.

Die Lücke zwischen 34 und 37 wurde mit Hilfe von kaltpolymerisierendem Kunststoff (PALADUR) so gestaltet, daß der vorbereitete Zahn mit Hilfe einer 1 mm Schraube in die Versuchsprothese fest fixiert werden konnte (Abb. 3 und 4). Das mögliche Verdrehen des Versuchszahnes wurde durch seitliche Führungen verhindert.

Zwischen den einzelnen Versuchen und Pausen wurde der Versuchszahn in physiologischer Kochsalzlösung aufbewahrt.

2.2 Werkstoffe

2.2.1 Hydrokolloide

Die exakte Zusammensetzung der zur Zeit im Handel befindlichen reversiblen Hydrokolloide ist unbekannt.
R.J.EIJKELENBORG (1981) beschreibt die Zusammensetzung der reversiblen Hydrocolloide und deren typische Eigenschaften wie folgt:

AGAR AGAR	8	-	15 %
WASSER	70	-	85 %
BORAX	0,2	-	0,5 %
SULFATE	1	-	2 %
FÜLLSTOFFE	1	-	2 %

Durch Erhöhung der Temperatur entsteht ein Sol, worin sich die Agarteile mit Wasser in flüssigem Zustand befinden. Durch Herabsetzen der Tempera-

tur entsteht ein Gel: die Agarteile binden Wasser und gehen in ein festes Material über. Dieser Übergang findet statt bei einer Temperatur von +38°C (Gelations-Temperatur).
Der Übergang von Gel zu Sol findet statt bei einer Temperatur von 100°C, also bei Kochtemperatur. Will man das Material wieder benutzen (Reversible), kann man also die Temperatur auf 100°C erhöhen, wodurch nach Gel- wieder Sol-Phase eintritt.

Also: Gel $\underset{38^\circ\,C}{\overset{100^\circ\,C}{\rightleftharpoons}}$ Sol

Es finden jedoch bei mehrmaligem Kochen Veränderungen im Material statt. Das Spritzenmaterial ist eigentlich irreversibel und sollte also nur einmal gekocht werden.
Das Löffelmaterial darf nicht öfter als dreimal gekocht werden, wobei jeder Extrakochvorgang eine Verlängerung der Kochzeit um 2 Minuten erforderlich macht.
Von zu häufigem Benutzen des Löffelmaterials muß abgeraten werden. Die Genauigkeit leidet tatsächlich bei wiederholter Benutzung. Die Spitzenleistung von 18maliger Wiederbenutzung desselben Löffelmaterials sollte also niemals verbessert werden!
Der sehr hohe Wasseranteil in der Zusammensetzung zeigt, daß das Austrocknen bei den Hydrokolloiden die größte Gefahr ist. Hierdurch kann sehr schnell eine zu große Schrumpfung auftreten.
Wasser kann aus der Oberfläche ausgeschwitzt werden (Synerese). Ein geringfügiges Austrocknen kann vermieden oder gar wiedergutgemacht werden, indem der Abdruck in Wasser gelegt wird. Er nimmt wieder Wasser auf, bis das alte Volumen hergestellt ist (Memory).
Die Sulfate im Abdruckmaterial beschleunigen die Aushärtezeit des Gipses, mit dem der Abdruck ausgegossen wird. Je schneller der Gips aushärtet, desto weniger Möglichkeiten für bleibende Deformationen sind gegeben.
Der Borax-Anteil bestimmt hauptsächlich die Viskosität und zwar so, daß die Viskosität des Gels erhöht wird, während die Viskosität des Sols herabgesetzt wird. Je mehr Borax also das Material enthält, desto härter wird das Gel sein. Der Nachteil des Borax-Anteils ist die verzögernde Wirkung auf die Aushärtungszeit des Gipses, wie auch das Agar-Gel eine verzögernde Wirkung besitzt. Weil die enthaltenen Sulfate diese

verzögernde Wirkung nicht genügend neutralisieren, ist es notwendig, den Abdruck, bevor er ausgegossen wird, in eine 2prozentige Kalium-Sulfat-Lösung zu legen (Control Solution). Außerdem wird durch die Benutzung dieser Lösungen sandige Oberfläche des Gipses vermieden.
Die Zusatzstoffe wie z.B. Gummi, Thyocol, Glyzerin usw. haben nur geringen Einfluß auf die Eigenschaften des Materials. Sie beeinflussen die Viskosität und die Stärke und haben manchmal eine bakterizide Wirkung.

2.2.2 Silikone

Als Silikone werden kettenförmige Silicium-organische Verbindungen bezeichnet, bei welchen die Siliciumatome über Sauerstoffbrücken verknüpft sind. Die Siliciumverbindungen mit OH-Endgruppen werden als Silanole bezeichnet. Diese sind sehr reaktionsfreudig und schnell zu linearen Polykondensationsprodukten kondensierend, wenn sie bifunktionell aufgebaut sind. Mit Hilfe von trifunktionellen Vernetzern sind sie in der Lage, zu Makromolekülen zu vernetzen.
Die Grundsubstanz der bei Raumtemperatur vulkanisierenden Silikonkautschuke wird durch lange Ketten sich abwechselnder Silicium- und Sauerstoffatome gebildet, wobei jedes Siliciumatom zwei organische R-Gruppen (häufig Methylgruppen) trägt. Bei der Vulkanisation wird durch mehrfunktionelle Vernetzer ein großmaschiges Netz gebildet. Eine Kaltvulkanisation der Polydimethylsiloxane verläuft über deren endständige OH-Gruppen, wobei Alkohol (aus Vernetzern) abgespalten wird, oder über eine Additionsvernetzung ohne Abspaltung von Nebenprodukten.
Die Zusammensetzung der Polykondensationsabformmassen wurde von G. FRANZ (1982) wie folgt beschrieben:

BASISPASTE	20 - 90 %	POLYDIMETHYLSILOXANE
WEICHMACHER	0 - 30 %	(PARAFFINÖL oder SILIKONÖL)
FARB- und FÜLLSTOFFE	10 - 80 %	(ZINKOXID)

Reaktor: Zinnoktoat oder Dibutyldizinnlaurat, Äthyl- oder Methylsilicat; Alkoxysilan (G.FRANZ)

Das elastische Material wird gebildet aus Molekülketten von 10^3 - 2 x 10^3 Einzelmolekülen Polysiloxan mit Alkoholabspaltung zur elastischen Gummimasse.

2.3 Die angewandten Materialien und ihre Verarbeitung

Für unsere Untersuchungen wurden folgende Abdruckmaterialien und Werkstoffe verwendet:

RUBBERLOID HEAVY BODIED[1)] Das Material wird in der Tube geliefert, eine Anmischung entfällt. Die Tube muß im Kochbad 10 Minuten bei 100°C gekocht, für mindestens 10 Minuten bis max 7 Tage im Wärmebad bei 68°C aufbewahrt werden. Vor Abdrucknahme wird der mit HEAVY BODIED beschickte Hydrokolloidlöffel im 45°C-Wasserbad auf die Applikationstemperatur gekühlt und in richtige Konsistenz übergeführt.
Gelationszeit: 3 - 8 Minuten

RUBBERLOID WHITE[1)] Das Material wird als Stange (Stick) geliefert, eine Anmischung entfällt. Die Hydrokolloidspritze wird mit der Stange gefüllt, 10 Minuten gekocht und bei 68°C im Aufbewahrungsbad bis zu 7 Tagen gelagert. Nach kurzer Verweildauer im Temperierbad kann das Hydrokolloid direkt appliziert werden.
Gelationszeit: 3 - 8 Minuten

SILAPLAST NEU[1)] Das richtige Mischungsverhältnis wird durch das vom Hersteller beigefügte Dosierbesteck erreicht. Auf einen Meßlöffel SILAPLAST NEU wird ein Meßlöffel Härterflüssigkeit beigegeben. Die benötigte Menge SILAPLAST NEU verteilt man flach auf einem Anrührblock, mit einem Anrührspatel werden zur Oberflächenvergrößerung Rillen eingedrückt. Nach dem Hinzufügen der notwendigen Härtermenge wird die Masse zuerst mit dem Anrührspatel vermischt, kurz darauf mit den Händen zu einer homogenen Masse durchgeknetet.

1) Firma DETAX DENTAL

Die durchschnittliche Anmischzeit beträgt ca 40 sec, die durchschnittliche Verarbeitungszeit 1 min und die durchschnittliche Abbindezeit im Munde 3 min.

SILASOFT NEU[1)]

Zum Anmischen wird SILASOFT NEU in einer der Tubenöffnung entsprechenden gleichmäßigen Strangdicke auf den Anmischblock aufgetragen. Auf 1 cm Stranglänge muß 1 Tropfen Härterflüssigkeit hinzugefügt werden. Beides wird dann so durchmischt, daß die Masse eine homogene Färbung zeigt. Die durchschnittliche Anmischzeit beträgt ca 1,25 min und die durchschnittliche Abbindezeit ca 3,75 min.

SILI - SPRAY[1)]

Das Spray wird aus einer Entfernung von ungefähr 15 cm dünn auf den Abdrucklöffel aufgesprüht. Nach einer Trocknungszeit von ungefähr 30 sec ist der Abdrucklöffel gebrauchsfertig.

OPTOSIL[1)]

Das richtige Mischungsverhältnis wird durch das beigefügte Dosierbesteck erreicht. Auf einen Meßlöffel OPTOSIL werden 8 - 10 Topfen Härterflüssigkeit beigegeben. Die benötigte Menge OPTOSIL verteilt man flach auf einem Anmischblock, mit einem Anrührspatel werden zur Oberflächenvergrößerung Rillen eingedrückt. Nach dem Hinzufügen der notwendigen Härtermenge wird die Masse zuerst mit dem Anrührspatel vermischt, kurz darauf mit den Händen zu einer homogenen Masse durchgeknetet. Die durchschnittliche Anmischzeit beträgt 30 - 45 sec, die Verarbeitungszeit 2 - 3 min und die durchschnittliche Abbindezeit im Munde 5 - 6 min.

---

1) Firma BAYER, Leverkusen

XANTOPREN PLUS[1)]

Das richtige Mischungsverhältnis wird mit Hilfe des vom Hersteller beigefügten Dosierschälchens erzielt. Zu einer bis zum unteren Schälchenring reichenden XANTOPREN PLUS-Menge werden 9 - 12 Tropfen Härterflüssigkeit, auf eine bis zum oberen Schälchenring reichenden Menge 15 - 20 Tropfen Härterflüssigkeit hinzugefügt. Beides wird im Dosierschälchen mit einem Anrührspatel so lange durchmischt, bis eine homogene Färbung eingetreten ist. Die durchschnittliche Anmischzeit beträgt ca 30 sec, die Verarbeitungszeit ca 2,5 min und die durchschnittliche Abbindezeit ca 5,5 min.

ELASTOMER - ADHÄSIV[1)]

Das ELASTOMER-ADHÄSIV wird mit einem vom Hersteller beigefügten Pinsel dünn auf den Abdrucklöffel aufgetragen. Nach einer Trocknungszeit von ca 3o sec ist der Abdrucklöffel gebrauchsfähig.

VEL - MIX STONE[2)]

Mischungsverhältnis Pulver/Wasser beträgt 4:1, d.h. 100g Pulver werden mit 22 - 25 ml Wasser angerührt.
Anrührzeit: 1 Minute
Abbindezeit: 8 - 10 Minuten
Abbindeexpansion: 0,04 - 0,08 % (nach 2 Std.)
Brinellhärte: ca 4,1 kg/mm²

Die vom Hersteller angegebenen temperaturabhängigen Abbindezeiten der Abdruckmaterialien werden für die Mundtemperatur angegeben. Trotz genauester Berücksichtigung der Herstellerangaben und Gebrauchsanweisung können Schwankungen in Dosierung, die Anmisch- und Verarbeitungszeit nicht vermieden werden (H.SCHWICKERATH 1972). Die Silikonabformungen wurden, um Schwankungen zu kompensieren, mindestens 6 Minuten im Munde des Patienten belassen. Zur Gewährung einer ausreichenden Festigkeit

1) Firma BAYER, Leverkusen
2) Firma KERR GmbH, Karlsruhe

wurden die Hydrokolloidabformungen 8 Minuten zur Kühlung im Mund des Patienten belassen, eine Wartezeit, die auch von SKINNER empfohlen wird.

2.4 Die Abformverfahren zur Modellherstellung

Sämtliche Abformungen wurden unter Einhaltung der Verarbeitungsanweisung am Patienten vorgenommen, welchem zuvor die Versuchsprothese eingegliedert wurde. Die Zeiten wurden mit der Stoppuhr gemessen. Eine relative Trockenlegung der abzuformenden Zahnreihe (F.KOPP 1979) wurde mittels Speichelzieher, Watterollen und Luftbläser vor sämtlichen Abformungen durchgeführt. Unsere Untersuchung wurde in 3 Versuchsserien untergliedert.

2.4.1 Abdruckserie H

RUBBERLOID HEAVY BODIED - WHITE, Hydrokolloid-Doppelmischabdruckverfahren

Die Abdruckmaterialien wurden im handelsüblichen Conditioner vorbereitet. Der doppelwandige Hydrokolloidabformlöffel wurde mit RUBBERLOID HEAVY BODIED blasenfrei beschickt und im Temperierbad aufbewahrt. Der Prüfkörper im Mund des Patienten wurde nun mit dem in der Spritze befindlichen RUBBERLOID WHITE blasenfrei umspritzt und bedeckt. Gleichzeitig wurde der RUBBERLOID HEAVY BODIED gefüllte Abformlöffel aus dem Conditioner entnommen und das Abformmaterial an der Oberfläche mit einem Gazestreifen getrocknet. Umgehend wurde dann der Abformlöffel in den Patientenmund zur Abformung eingeführt und in Position gehalten, währenddessen die Kühlung mittels des am Speibecken aufgesteckten Kühlschlauches und dem durchfließenden Wasser erfolgte. Nach 8 Minuten Kühldauer wurde der Abdruck ruckartig und senkrecht zur Zahnreihe entfernt (F.KOPP 1979), danach mit kaltem Wasser von Speichelresten befreit und in eine 2 %ige Kaliumsulfatlösung gelegt.

2.4.2 Abdruckserie S

SILAPLAST NEU - SILASOFT NEU, Korrekturabdruckverfahren mit Abflußrillen

Das angemischte SILAPLAST NEU wurde in den mit SILLY- SPRAY vorbehandelten, perforierten handelsüblichen Metallabdrucklöffel bis an den Rand gefüllt und dieser dann in den Mund des Patienten zur Abformung des UK gebracht. Nach 6 minütiger Verweildauer wurde dieser Erstabdruck aus dem Munde des Patienten entfernt und vom Speichel befreit. Mit einem V-förmigen Linolschneider wurden nun Abflußrillen mit einem dreiecksförmigen Querschnitt und einer Kantenlänge von ungefähr 1 mm in den Erstabdruck eingeschnitten. Danach wurde der Erstabdruck gereinigt, entfettet und getrocknet. Sodann wurde das angemischte Korrekturmaterial SILASOFT NEU mit Hilfe einer IMPREGUM Abdruckspritze unter sparsamer Verwendung in den Erstabdruck gefüllt. Der Abdruck wurde erneut in den Mund des Patienten eingebracht und über ca 10 sec Druck ausgeübt. Nach 6 Minuten Verweildauer wurde der Abdruck entfernt und vom Speichel befreit.

2.4.3 Abdruckserie O

OPTOSIL - XANTOPREN PLUS, Doppelmischabdruckverfahren

Das angemischte OPTOSIL wurde in den mit Elastomer-Adhäsiv vorbehandelten, perforierten handelsüblichen Metalldrucklöffel bis an den Rand gefullt und anschließend mit dem angemischten XANTOPREN PLUS gleichmäßig dünn überschichtet. Der so beschickte Abformlöffel wurde dann in den Mund des Patienten zur Abformung des UK gebracht und mit geringem Druck nach unten gedrückt. Nach 6 Minuten Verweildauer wurde der Abdruck aus dem Munde des Patienten entfernt und vom Speichel befreit.

2.4.4 VEL - MIX STONE - Modellherstellung

Gemäß den Herstellerangaben wurden 100 g VEL-MIX STONE mit 24 ml Wasser in Vakuum angerührt und anschließend in die Abformung eingerüttelt. Zum Anrühren verwendeten wir 100 %ig gesättigtes Trimmerwasser.

Zum Ausgleich der von SCHWINDLING (1970) beschriebenen thermischen Kontraktion durch die Abkühlung von Mund- auf Zimmertemperaur wurden sowohl das Gipspulver, wie auch das Anrührwasser auf die ungefähre Abbindetemperatur der Abdruckmaterialien erwärmt; diese ist die Mundtemperatur, die ca 32°C beträgt. Als Abbindezeit wurden 30 Minuten festgelegt.

Das Ausgießen der Silikonabformungen erfolgte 20 Minuten nach der jeweiligen Abformung, es sollte damit bewirkt werden, daß die beim Abziehen des Abdrucklöffels entstehenden Verzerrungen durch die von H.MEINERS (1977) beschriebene elastische Rückstellung wieder kompensiert werden. Die ausgegossenen Silikonabformungen wurden bei Zimmertemperatur gelagert.

Die Hydrokolloidabformungen wurden nach der Abformung für 4 Minuten in eine 2 %ige Kaliumsulfatlösung gelegt, wodurch nach GUTOWSKI (1971), K.M.LEHMANN (1975) und R.J.EIJKELENBORG (1981) ein schädigender Einfluß der Hydrokolloidabformmasse auf das Gipsmodell vermieden werden soll. Nach der Behandlung mit Kaliumsulfatlösung wurden die Hydrokolloidabformungen mit Gips ausgegossen und bis zum Abbinden in einem Hygrophor aufbewahrt.

2.5 Die ZEISS - Universalmeßmaschine UMM 500

Die Messungen erfolgten mit der ZEISS-Universalmeßmaschine UMM 500. Die UMM 500 dient der Bestimmung der geometrischen Form von industriellen Werkstücken und Serien, welche neben einer exakten Erfassung der Antastpunkte, einer den Erfordernissen angepaßten Datenweiterverarbeitung bedürfen. Mit Hilfe des dreidimensionalen automatischen Tastsystem ist es möglich alle Punkte an beliebig geformten Werkstücken anzutasten. Das Kernstück der UMM 500 ist das Meßsystem, wobei die Meßwertbildung einstufig, berührungslos und ohne Verschleiß mit dem von der Firma ZEISS entwickelten Inkremental-Längenmeßsystem "PHOCOSIN" erfolgt. Als Maßverkörperung dienen Gitterstäbe von höchster Präzision aus Spezialglas. Beim Abtasten der Gitterstäbe mit einem Gegengitter werden oberwellenfreie Meßsignale mit einer großen Interpolationsfähigkeit erzeugt, durch 80-fache Interpolation wird eine Auflösung von 0,2 µm erzielt. Aus einem gemeinsamen Abtastfeld gewinnt man über die photoelektrische Abtastung

die Meßsignale, welche in Vor- und Rückwärtszählern zusammengefaßt und über Schieberegister in den Rechner übertragen werden.
Fehler bei der Erfassung der Maschinenkoordination werden optisch signalisiert, durch die elektronische Störungsüberwachung der Phocosin-Signale.

Abb. 5a 3 D - Tastkopf

Der sogenannte 3D-Tastkopf besteht aus drei aufeinander aufgebauten Federparallelogrammen und hat in seinen drei Achsen X, Y und Z einen Bewegungsbereich von ± 3 mm. Der Tastkopf kann mit fünf Taststiften bestückt werden, so daß das Antasten von allen Meßpunkten ohne Umspannen des Werkstückes ermöglicht wird. Der Rechner faßt die Mittelpunkte aller benötigten Meßstifte zu einem einzigen Punkt zusammen, wobei zusätzlich die Tastkugelradien eine Berücksichtigung finden. Die Bewegungsgeschwindigkeit des Tastkopfes kann stufenlos von 1 µm/sec bis 10 µm/sec geregelt werden, außerdem können der Durchmesser der Rubinmeßkugel und die Meßkraft gewählt werden.
Bei unseren Untersuchungen fanden die kleinste Meßkraft mit 0,1 N und die kleinste Meßkugel mit einem Durchmesser von 1 mm ihre Verwendung.
Die Koordinaten X, Y und Z werden während des Meßvorgangs auf dem

angeschlossenen Digitalanzeiger angezeigt und die Meßergebnisse auf dem angeschlossenen Printer ausgedruckt.

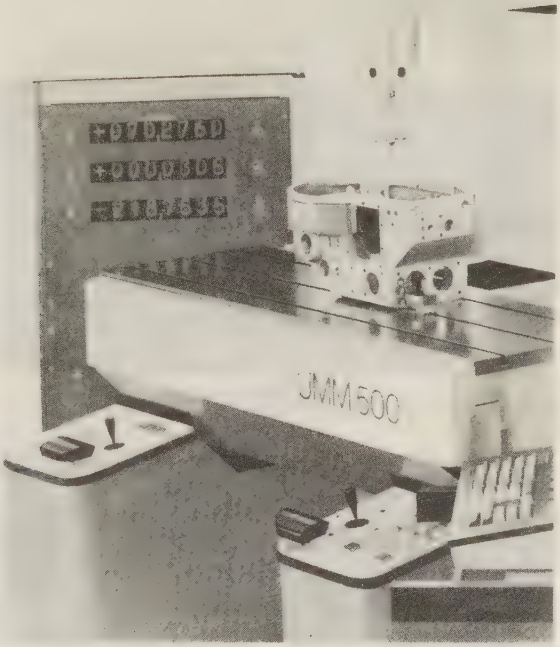

Abb. 5b ZEISS-Universalmeßmaschine UMM 500

Die Meßmaschine UMM 500 ist in ihren wesentlichen Teilen aufgebaut aus:

einem Unterteil mit
- dem Elektromagnettisch zur Lagerung der Prüfkörper, der gleichzeitig als X-Wagen dient
- zwei Bedienungs- bzw. Tastentableaus

einem Oberteil, das gleichzeitig als Y-Wagen dient mit
- dem teleskopgelagerten 3D-Tastkopf, der gleichzeitig als Z-Wagen dient

einem Koordinatenanzeigegerät

einer on- line gekoppelten Rechneranlage

und Peripheriegeräten zur Datenausgabe und -verarbeitung, wie z.B. ein Schnellschreibwerk.

2.5.1 Die Durchführung der Messung an der ZEISS-Universalmeßmaschine UMM 500

Die Durchführung der Messung erfolgte im Anwendungslabor der Firma ZEISS in Oberkochen.
Die Prüfkörper wurden auf zwei geschliffenen Eisenmeßleisten in einem genau definierten Abstand befestigt, damit eine rationelle Durchführung der Messung erfolgen konnte (Abb. 6a und 6b)

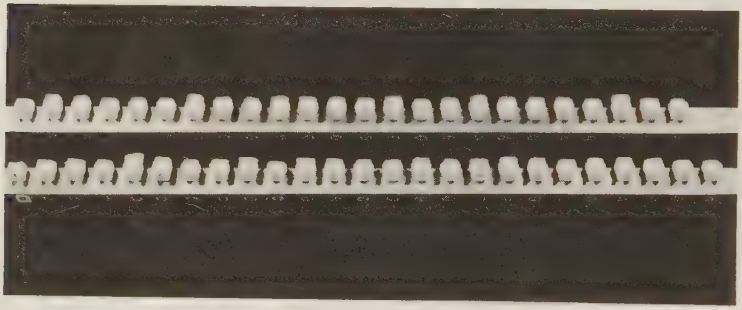

Abb. 6a Meßleisten mit Prüfkörpern

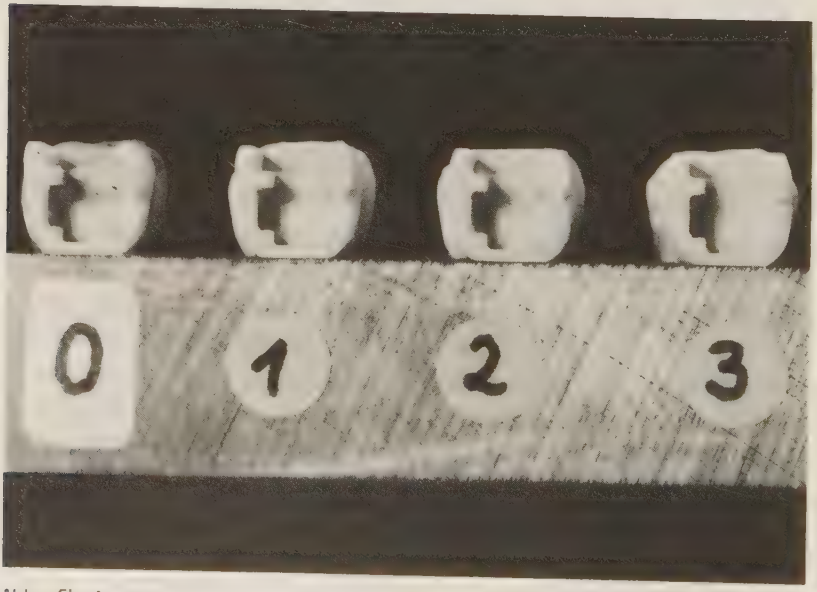

Abb. 6b Ausschnitt aus einer Meßleiste

Vom Programmierer wird durch manuelle Steuerung die Antastkugel zur Vermessung des ersten Prüfkörpers bewegt. Das gesamte gewünschte Meßprogramm wird auf diese Weise durchgeführt und vom intergrierten Rechner gespeichert. Bei jedem weiteren Prüfkörper läuft das so programmierte Meßprogramm automatisch ab. Zur automatischen Identifizierung muß lediglich der Versatz der Prüfkörper auf der Meßleiste in x-Richtung konstant mit einer Toleranz von ± 0,3 mm gewährleistet sein, wobei eine geringe Verdrehung der Prüfkörper keine Bedeutung hat, da rechnerisch die definierten Antastpunkte und Raumkoordinaten des Meßobjekts mit den Koordinaten der Meßmaschine zur Deckung gebracht werden.
Der Meßvorgang verläuft in folgenden Schritten:

1. Manuelles Programmieren der Koordinaten-Nullpunkte und des Meßprogramms am ersten Prüfkörper, Eingeben des Abstandes zwischen den einzelnen Prüfkörpern
2. Identifizierung des nächsten Prüfkörpers
3. Antastung von vier definierten Punkten einer "Null-Ebene"
4. Durch den Rechner durchgeführte Drehung des Teils im Raum, zur Deckung der unterschiedlichen Koordinatennetze
5. Antastung der definierten Koordinaten-Null-Punkte in x-, y- und z-Richtung
6. Ablauf des eigentlichen Meßprogramms, durch Antasten der definierten Meßpunkte und Aufzeichnung der Distanzen
7. Identifizierung des nächsten Prüfkörpers

Die Schritte 2 bis 6 wiederholen sich bis einschließlich zum letzten Prüfkörper.

2.5.2 Meßunsicherheit und Meßabweichung

Im Rahmen unserer Versuche wurde die Gesamtmeßunsicherheit einzig durch die Geräteunsicherheit der ZEISS-Universalmeßmaschine UMM 500 gebildet, d.h. die Erfassung der Meßwerte erfolgten objektiv, ohne Einflußnahme eines Operators.
Für die Universalmeßmaschine UMM 500 wird von der Firma ZEISS folgende

Geräteunsicherheit (bei 20°C) angegeben:

pro Koordinate $u_{95} = \left(0{,}8 + \frac{L}{250}\right)$ µm

im Raum $u_{95} = \left(1{,}6 + \frac{L}{250}\right)$ µm

L in mm

Der Mittelwert der Messung berechnet sich aus folgender Formel:

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n}$$

$\bar{x}$ = arithmetisches Mittel aller Stichproben
n = Anzahl der Stichproben
x = Stichprobenwert

Die mittlere Abweichung der Einzelwerte vom Mittelwert ist die Standardabweichung s, die als Maß für die Streuung der einzelnen Meßwerte gilt; sie wird nach CAVALLI-SFORZA (1974) folgendermaßen berechnet:

$$s = \pm\sqrt{\frac{\Sigma(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

s = Standardabweichung
x = Stichprobenwert
$\bar{x}$ = arithmetisches Mittel der Stichprobenwerte
n = Anzahl der Stichproben

Mit der Verringerung der Anzahl der Messungen nimmt die Zuverlässigkeit von s ab.
Wegen der geringen Anzahl von Stichproben (14Stück) pro Meßreihe soll auch der Bereich angegeben werden, in welchem sich der Mittelwert sicher befindet. Dieser Bereich wurde als Vertrauensbereich definiert und wird nach CAVALLI-SFORZA mit der folgenden Formel berechnet:

$$v = \pm\frac{t}{\sqrt{n}} \cdot s$$

t = von (n - 1) abhängige Konstante
s = Standardabweichung
n = Anzahl der Messungen

Bei unseren Untersuchungen wird der Vertrauensbereich v für 95 % Wahrscheinlichkeit angegeben, d.h. daß 95 % aller weiteren Messungen höchstens um seine Größe vom Mittelwert abweichen dürfen.

2.6 Messungen

2.6.1 Auswahlkriterien der Meßstrecken

Die Auswahl der Meßstrecke erfolgte auf Grund von meßtechnischen Überlegungen und im Hinblick auf praktische Konsequenzen.
Die Codierung der Meßstrecken wurden analog der Dissertation von D.G. WERNER (1980) gewählt.
Wir fassen folgende Meßstrecken zusammen:

1. Strecken, welche ein Aufsitzen der Gußfüllung auf dem Kavitätenboden beeinflussen können:
   Strecke 1: zentrale Kavitätentiefe
   Strecke 2: Tiefe an der Kante oben
   Strecke 3: Tiefe an der Stufe

2. Strecken, welche den okklusalen Federrand beeinflussen:
   Strecke 4: Tiefe auf linguo-zentralem Federrand
   Strecke 5: Tiefe auf linguo-mesialem Federrand

3. Strecken, welche das Einsetzen einer Gußfüllung erschwerend oder behindernd beeinflussen können:
   Strecke 6: Kavitätenbreite

4. Strecken, welche den approximalen Federrand beeinflussen:
   Strecke 7: kleine Länge der Kavität
   Strecke 8: große Länge der Kavität

2.6.2 Plan zur Vermessung des Originals

Meßergebnisse am Original

Strecke 1: zentrale Tiefe	2254,6 µm
Strecke 2: Tiefe an der Kante oben	2231,6 µm
Strecke 3: Tiefe auf der Stufe	4526,5 µm
Strecke 4: Federrand lingual (zentral)	3,6 µm
Strecke 5: Federrand mesial	0,1 µm
Strecke 6: Kavitätenbreite	5823,8 µm
Strecke 7: kleine Kavitätenlänge	5864,5 µm
Strecke 8: große Kavitätenlänge	7568,8 µm

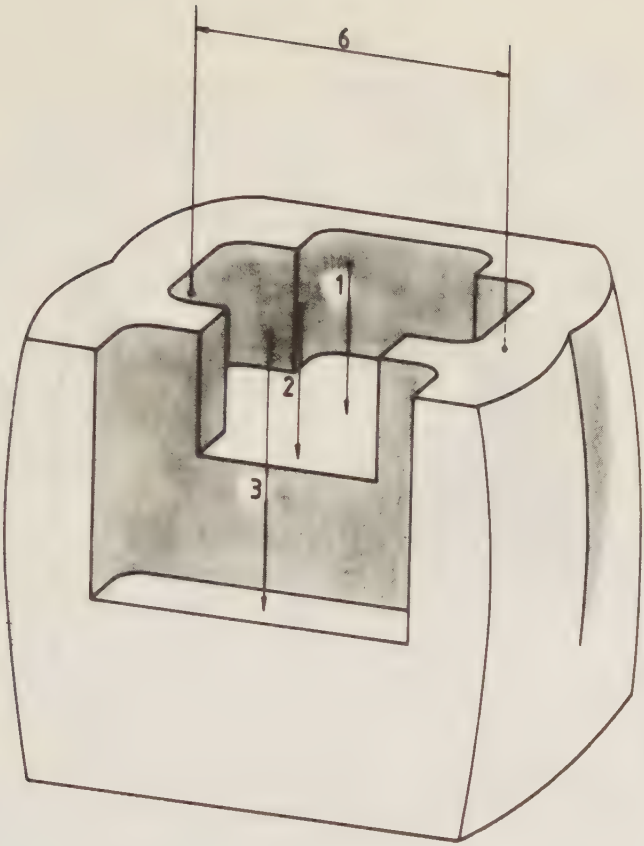

Abb. 7 Modellzeichnung des Versuchsmolaren mit zweiflächiger, stilisierter (mesial-okklusaler) Gußfüllungskavität und den Meßstrecken 1, 2, 3, 6.

Strecke 1: Zentrale Tiefe

Strecke 2: Tiefe an der Kante oben

Strecke 3: Tiefe auf der Stufe

Strecke 6: Kavitätenbreite

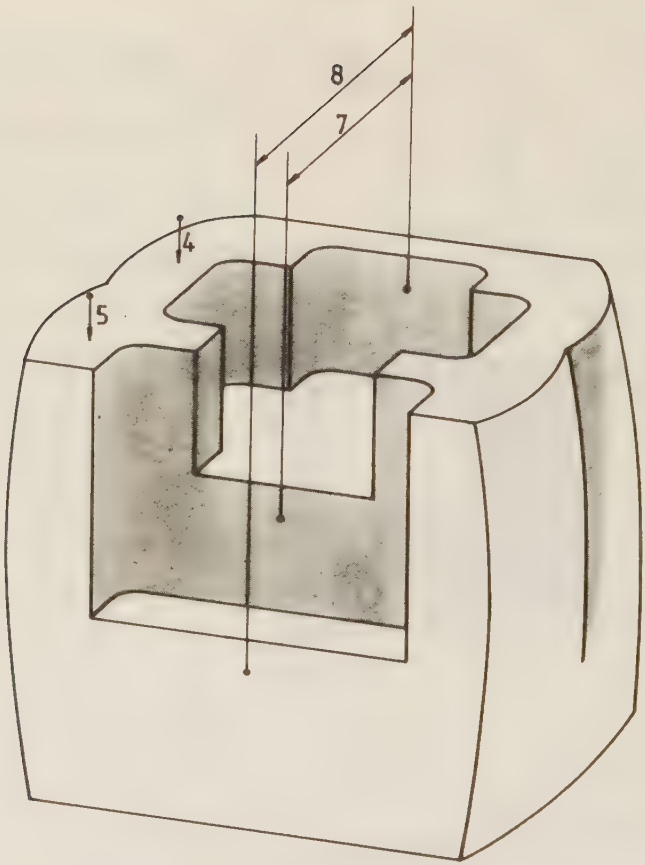

Abb. 8 Modellzeichnung des Versuchsmolaren mit zweiflächiger, stilisierter (mesial-okklusaler) Gußfüllungskavität und den Meßstrecken 4, 5, 7, 8.

Strecke 4: Federrand lingual (zentral)

Strecke 5: Federrand mesial

Strecke 7: Kleine Kavitätenlänge

Strecke 8: Große Kavitätenlänge

2.6.3 Das Auswertungsverfahren

Jede der drei Abdruckserien (H = RUBBERLOID HEAVY BODIED-WHITE, S = SILAPLAST NEU-SILASOFT NEU und O = OPTOSIL-XANTOPREN PLUS) besteht aus 14 Einzeluntersuchungen. Somit mußten zunächst nach den Abformungen 42 Einzelmodelle hergestellt werden. Sowohl der Originalstumpf als auch die 42 Modelle wurden dann nach dem unter 2.5.1 beschriebenen Verfahren vermessen. Insgesamt wurden 903 Meßpunkte abgetastet, daraus ergaben sich 344 Meßstrecken (bei jedem einzelnen Prüfstumpf also 8 Meßstrecken).

Für jedes Abformverfahren erhielten wir pro Meßstrecke dann wiederum eine Meßreihe von 14 Einzelwerten, aus welchen wir nach der Formel von L.CAVALLI-SFORZA (1972) jeweils das arithmetische Mittel, die Standardabweichung der Einzelwerte und den Vertrauensbereich für 95 % ermittelten.
Liegen die zu ermittelnden Mittelwerte weit auseinander, bzw. überlappen sich die Vertrauensbereiche nicht, so ergibt sich daraus, daß sich dieselben Meßstrecken der verschiedenen Abdruckverfahren in Bezug auf ihre Abweichung signifikant unterscheiden.
Um die Mittelwerte der Streckenwerte besser vergleichen zu können, wurden Varianzanalysen (CAVALLI-SFORZA) vorgenommen.

Zu unserer statistischen Auswertung stand uns ein programmierbarer Rechner der Firma HEWLETT PACKARD vom Typ Calculator 9820 zur Verfügung. Die Ergebnisse wurden gekürzt nach DIN 1333.

3. Ergebnisse

Alle folgende Ergebnisse beruhen auf der Differenz zwischen dem am Original gemessenen Wert und dem am Gipsmodell gemessenen Wert.

Die Diagramme 1 bis 8 geben eine Übersicht über das Dimensionsverhalten bzw. Abformgenauigkeit der drei von uns untersuchten Abformverfahren bzw. Abformmaterialien.

Verlängerungen der Meßstrecke wurden als positive Werte dargestellt, Verkleinerungen als negative Werte, jeweils in Säulenform. Für jede Strecke wird das arithmetische Mittel, die Standardabweichung der Einzelwerte, der Vertrauensbereich für 95 % und die prozentuale Abweichung, die jeweils auf die Originalmeßstrecke bezogen ist, angegeben. Die Vertrauensbereiche wurden durch Balken (I) dargestellt. Abweichungen, welche signifikante Unterschiede aufweisen, wurden im Diagramm oben durch Klammern (⌐¬) verbunden.

In den Diagrammen 1 - 8 und im folgenden Text wurden die Abkürzungen H, S und O verwendet.
Hierbei gilt:

H = Hydrokolloidabdruckverfahren
(RUBBERLOIED HEAVY BODIED - RUBBERLOID WHITE)

S = Korrekturabdruckverfahren
(SILAPLAST NEU - SILASOFT NEU)

O = Doppelmischabdruckverfahren
(OPTOSIL - XANTOPREN PLUS)

im Diagramm:

links

mitte

rechts

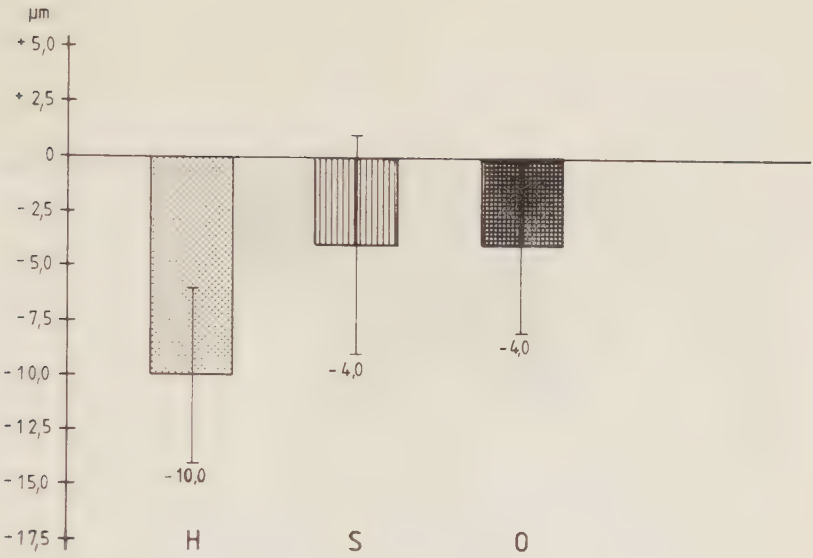

Diagramm 1: Strecke 1, zentrale Tiefe

Alle Abweichungen liegen im negativen Bereich.
Die größte Abweichung wurde mit - 10,0 µm bei der Abdruckserie H gemessen. Die kleinste Abweichung wurde mit - 4,0 µm sowohl bei der Serie S als auch bei der Serie O gemessen.

Signifikante Unterschiede wurden zwischen den drei Abdruckserien nicht festgestellt. Lediglich die Abdruckserie H unterscheidet sich signifikant vom Originalmodell.

Klinische Bedeutung: Mit der Abdruckserie S und O wird eine ideale Paßform erzielt. Die Abweichungen der Abdruckserie H würde das Einsetzen einer Gußfüllung nicht erschweren, da sie im negativen Bereich liegt und somit eine Verkleinerung darstellt.

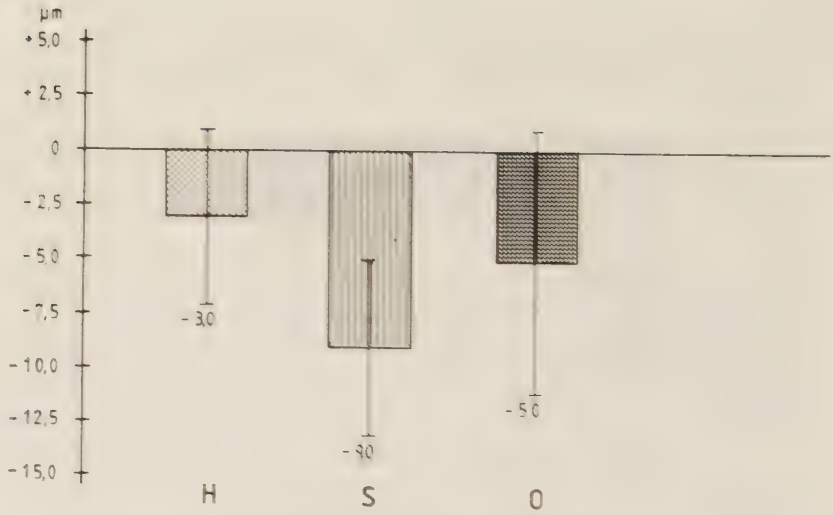

Diagramm 2: Strecke 2, Tiefe an der Kante oben

Alle Abweichungen liegen im negativen Bereich.
Die größte Abweichung wurde mit - 9,0 µm bei der Abdruckserie S, die kleinste Abweichung bei der Serie H mit - 3,0 µm ermittelt.

Signifikante Unterschiede zwischen den 3 Abdruckserien wurden nicht festgestellt. Die Abdruckserie S unterscheidet sich signifikant vom Original.

Klinische Bedeutung: Mit den Abdruckserien H und O wird eine ideale Paßform erreicht. Die Abweichung der Abdruckserie S würde ein Einsetzen der Gußfüllung nicht behindern, da sie im negativen Bereich liegt.

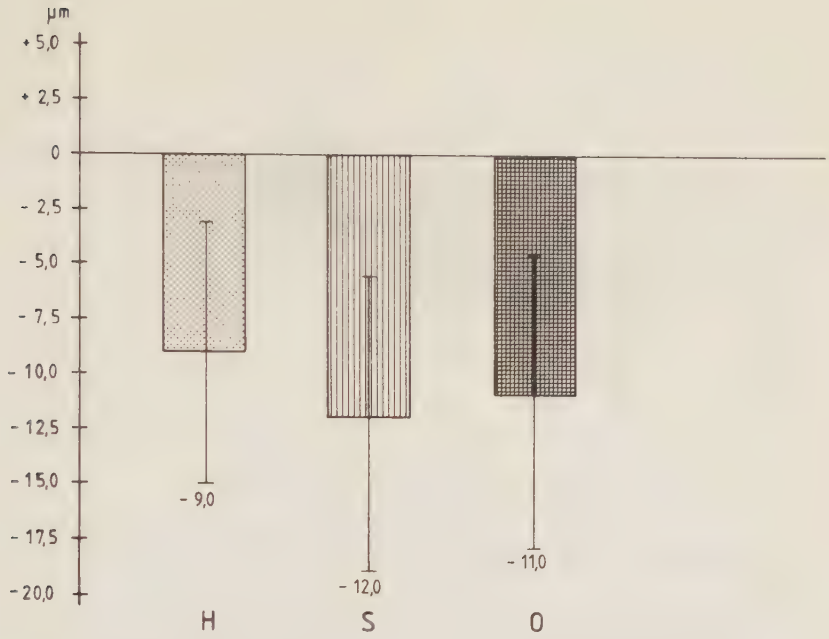

Diagramm 3: Strecke 3, Tiefe auf der Stufe

Alle Abweichungen liegen im negativen Bereich.
Die größte Abweichung wurde mit - 12,0 µm bei der Abdruckserie S gemessen, die kleinste Abweichung bei der Abdruckserie H mit - 9,0 µm.

Signifikante Unterschiede wurden unter den drei Abdruckserien nicht festgestellt. Alle drei Abdruckserien unterschieden sich signifikant vom Original.

Klinische Bedeutung: Mit den Abformverfahren H, S und O wird keine ideale Paßform erzielt. Die Abweichung der drei Abdruckserien H, S und O würden das Einsetzen einer Gußfüllung nicht behindern, da sie im negativen Bereich liegen.

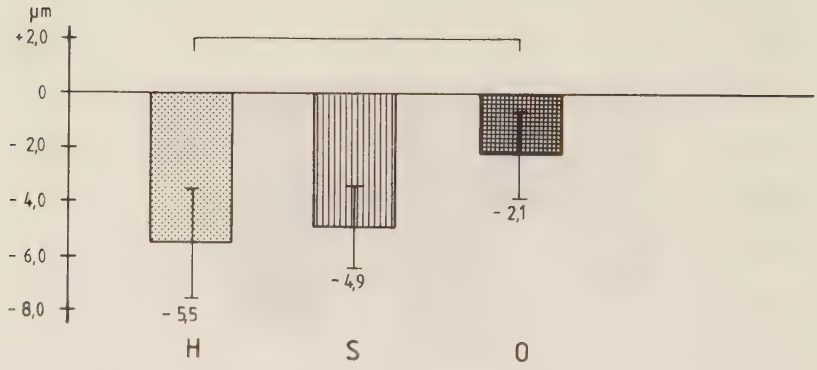

Diagramm 4: Strecke 4, Federrand lingual (zentral)

Alle Abweichungen der Abdruckserien H, S und O liegen im negativen Bereich.
Alle Abweichungen sind von geringem Ausmaß. Die größte Abweichung wurde bei der Abdruckserie H mit - 5,5 µm gemessen, die kleinste Abweichung von-2,1 µm bei der Abdruckserie O.

Signifikante Unterschiede wurden zwischen den Abdruckserien H und O festgestellt. Die Abdruckserien H, S und O unterscheiden sich signifikant vom Original.

Klinische Bedeutung: Mit keinem der Abdruckverfahren H, S und O wird eine ideale Paßform erzielt. Die Abweichung der Abdruckverfahren H, S und O würden zu einem Randspalt im Bereich des okklusal- zentral- lingualen Federrandes führen, dessen Ursache in der verkleinerten Wiedergabe der Meßstrecke läge.

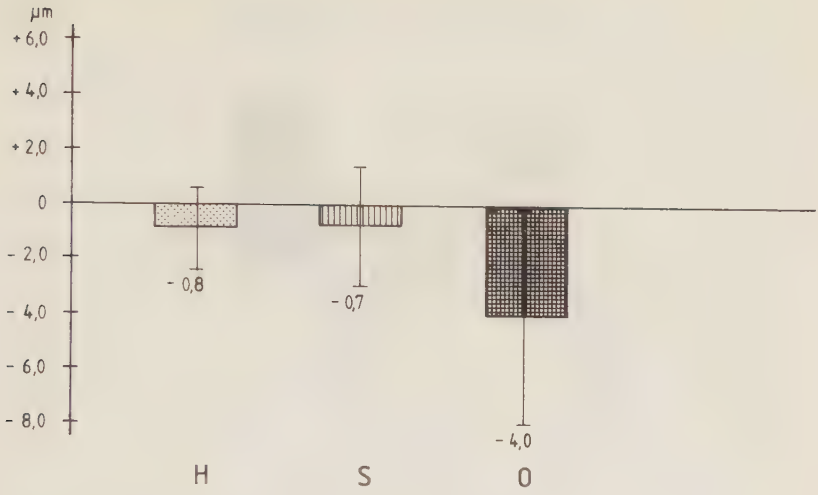

Diagramm 5: Strecke 5, Federrand mesial

Alle Abweichungen der Abdruckserie H, S und O liegen im negativen Bereich.
Alle Abweichungen sind von geringem Ausmaß. Die größte Abweichung wurde mit - 4,0 µm bei der Abdruckserie O gemessen, die kleinste Abweichung bei der Abdruckserie S mit - 0,7 µm.

Signifikante Unterschiede zwischen den Abdruckserien H, S und O wurden nicht festgestellt. Die Abdruckserien H, S und O unterscheiden sich nicht signifikant vom Original.

Klinische Bedeutung: Mit den Abdruckserien H, S und O wird eine ideale Paßform erzielt.

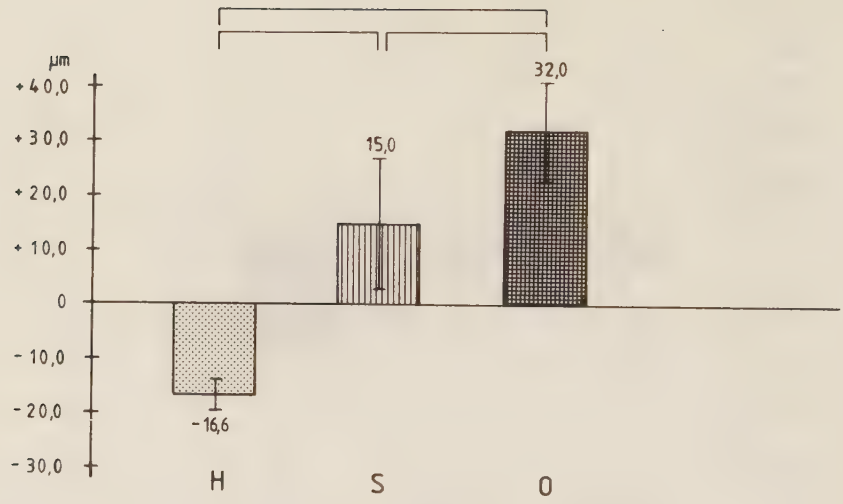

Diagramm 6: Strecke 6, Kavitätenbreite

Die Abweichungen der Abdruckserien S und O liegen im positiven Bereich, die Abweichungen der Serie H im negativen Bereich.
Die größte Abweichung wurde bei der Abdruckserie O mit + 32,0 µm gemessen, die kleinste bei der Abdruckserie S mit + 15,0 µm.

Die Abdruckserien H, S und O unterscheiden sich signifikant voneinander. Alle 3 Abdruckserien unterscheiden sich signifikant vom Originalstumpf.

Klinische Bedeutung: Mit keiner der Abdruckserien H, S und O wird eine ideale Paßform erzielt. Die Abweichungen der Abdruckserie H würde das Einsetzen einer Gußfüllung nicht behindern, im Gegensatz jedoch würde die vergrößerte Wiedergabe der Kavitätenbreite bei den Serien S und O, das Einsetzen einer Gußfüllung behindern.

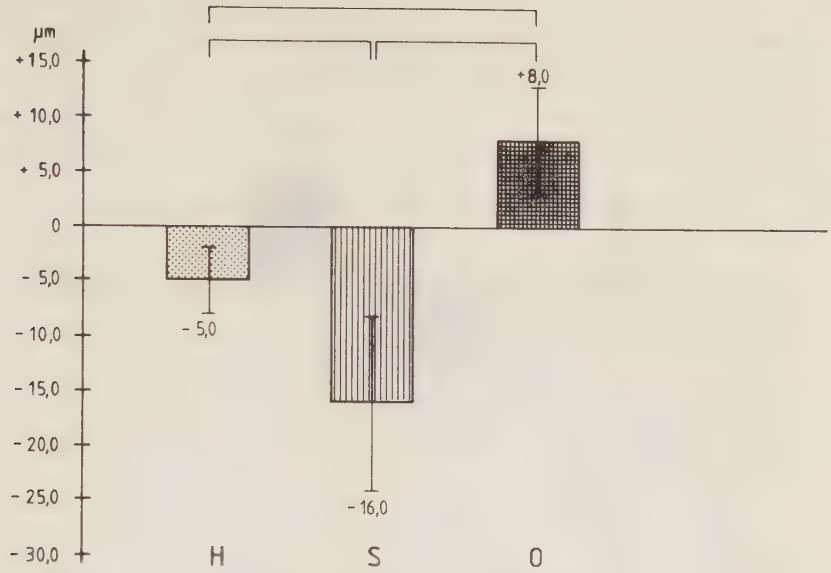

Diagramm 7: Strecke 7, kleine Kavitätenlänge

Die Abweichung der Abdruckserien H und S liegen im negativen Bereich, die Abweichungen der Abdruckserie O im positiven Bereich.
Die größte Abweichung wurde bei der Abdruckserie S mit - 16,0 µm gemessen, die kleinste Abweichung bei der Serie H mit - 5,0 µm.

Die Abdruckserien H, S und O unterscheiden sich signifikant voneinander. Die Abdruckserien H, S und O unterscheiden sich signifikant vom Originalstumpf.

Klinische Bedeutung: Mit keiner der Abdruckserien H, S oder O wird ideale Paßform erzielt. Die Abweichung der Abdruckserien H und S würden das Einsetzen einer Gußfüllung erschweren, da die Meßstrecke verkleinert wiedergegeben wurde. Die vergrößerte Wiedergabe der Meßstrecke, bei der Abdruckserie O, würde das Einsetzen einer Gußfüllung nicht behindern.

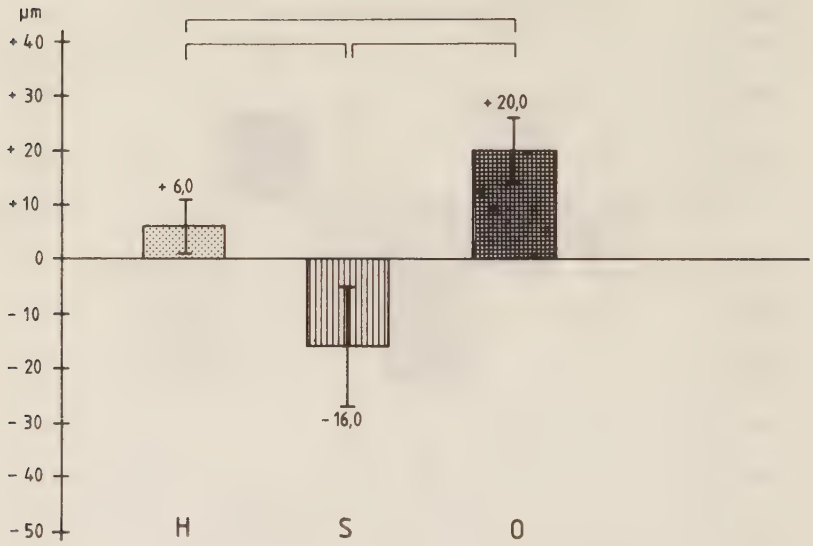

Diagramm 8: Strecke 8, große Kavitätenlänge

Die Abweichung der Abdruckserien H und O liegen im positiven Bereich, die Abdruckserie S im negativen Bereich.
Die größte Abweichung wurde bei der Abdruckserie O mit + 20,0 µm gemessen, die kleinste Abweichung bei der Abdruckserie H mit + 6,0 µm.

Signifikante Unterschiede wurden zwischen allen Abdruckserien festgestellt. Die Abdruckserien H, S und O unterscheiden sich signifikant vom Originalstumpf.

Klinische Bedeutung: Mit keiner der Abdruckserien H, S oder O wird eine ideale Paßform erzielt. Die Abweichung der Abdruckserie S würde das Einsetzen einer Gußfüllung erschweren, da die Meßstrecke verkleinert wiedergegeben wurde. Die Abweichungen der Abdruckserie H und O würden das Einsetzen einer Gußfüllung nicht behindern, da die Meßstrecke jeweils vergrößert wiedergegeben wurde, jedoch würde daraus am approximalen Federrand ein Randspalt resultieren.

STRECKE		1	2	3	4	5	6	7	8
$\bar{X}$	µm	- 10,0	- 3,0	- 9,0	- 5,5	- 0,8	- 16,6	- 5,0	+ 6,0
	%	- 0,4	- 0,1	- 0,2	-152,7	-800,0	- 0,3	- 0,1	+ 0,1
S ±	µm	7,0	7,1	9,9	3,4	2,4	5,2	6,0	9,1
V ±	µm	4,0	4,0	6,0	2,0	1,5	2,8	3,0	5,0

Tab. 1: Abdruckserie H (RUBBERLOID HEAVY BODIED - WHITE)

STRECKE		1	2	3	4	5	6	7	8
$\bar{X}$	µm	- 4,0	- 9,0	-12,0	- 4,9	- 0,7	+15,0	- 16,0	- 16,0
	%	- 0,2	- 0,4	- 0,3	-136,1	-700,0	+ 0,3	- 0,3	- 0,2
S ±	µm	8,8	7,2	11,8	2,8	3,4	19,1	13,1	16,1
V ±	µm	5,0	4,0	7,0	1,5	2,2	12,0	8,0	11,0

Tab. 2: Abdruckserie S (SILAPLAST NEU - SILASOFT NEU)

STRECKE		1	2	3	4	5	6	7	8
$\bar{X}$	µm	- 4,0	- 5,0	- 11,0	- 2,1	- 4,0	+ 32,0	+ 8,0	+ 20,0
	%	- 0,2	- 0,2	- 0,2	- 58,3	- 4000	+ 0,5	+ 0,1	+ 0,3
S ±	µm	7,5	10,9	12,2	2,9	7,6	14,7	9,9	9,5
V ±	µm	4,0	6,0	7,0	1,6	4,0	9,0	5,0	6,0

Tab. 3: Abdruckserie O (OPTOSIL - XANTOPREN PLUS)

$\bar{X}$ = ARITHMETISCHES MITTEL DER ABWEICHUNGEN VOM SOLLWERT

% = PROZENTUALE ABWEICHUNG VOM SOLLWERT

S = STANDARDABWEICHUNG DER EINZELWERTE

V = VERTRAUENSBEREICH FÜR 95 %

Die nach der Abdruckserie H (RUBBERLOID HEAVY BODIED-WHITE) hergestellten Gipsmodelle zeigten eine ausgeprägte Verminderung der Kavitätentiefe sowohl zentral (-10,0 µm) als auch auf der approximalen Stufe (-9,0 µm), was ein Aufsitzen einer Gußfüllung auf dem okklusalen Federrand zur Folge hätte.
Der okklusal- zentral- linguale Federrand lag um 5,5 µm höher als am Originalstumpf, was einen Randspalt in diesem Bereich zur Folge hätte.
Der okklusal- approximale Federrand lag um 0,8 µm höher als am Originalstumpf.
Die verminderte Wiedergabe der Kavitätenbreite um - 16,6 µm würde das Einsetzen einer Gußfüllung nicht behindern.
Die verkürzte Wiedergabe der Kavitätenlänge bis zur mesialen Stufe würde ein Einsetzen einer Gußfüllung erschweren.
Die Vergrößerung der Kavitätenlänge bis zum approximalen Federrand hätte das Abstehen einer Gußfüllung bzw. einen Randspalt von 6,0 µm zur Folge.

Die nach der Abdruckserie S (SILAPLAST - SILASOFT) hergestellten Gipsmodelle zeigten eine ausgeprägte Verminderung der Kavitätentiefe sowohl an der approximalen Stufe mit - 9,0 µm als auch auf der approximalen Stufe mit - 12,0 µm, was ein Aufsitzen der Gußfüllung auf dem okklusalen Federrand des Originalstumpfes zur Folge hatte. Der okklusal- zentral- linguale Federrand lag um 4,9 µm höher als beim Originalstumpf, wodurch ein Randspalt in diesem Bereich auftreten würde.
Der okklusal- approximale Federrand lag um 0,7 µm höher als beim Originalstumpf. Die Vergrößerung der Kavitätenbreite um + 15,0 µm würde das Einsetzen einer Gußfüllung erschweren.
Die Verkleinerung der Kavitätenlänge um - 16,0 µm würde das Einsetzen einer Gußfüllung behindern.

Die nach der Abdruckserie O (OPTOSIL - XANTOPREN PLUS) hergestellten Gipsmodelle zeigten eine ausgeprägte Verminderung der Kavitätentiefe auf der approximalen Stufe um - 11,0 µm, was ein Aufsitzen der Gußfüllung auf dem okklusalen Federrand zur Folge hätte.
Der okklusal- zentral- linguale Federrand lag um 2,2 µm höher als beim Originalstumpf. Der okklusal- approximale Federrand lag um 4,0 µm höher als beim Originalstumpf. Die unterschiedliche Federrandhöhe hätte eine unterschiedliche Randspaltbreite zur Folge. Die Vergrößerung der

Kavitätenbreite ist mit + 32,0 µm sehr ausgeprägt und würde das Einsetzen einer Gußfüllung behindern.
Die Vergrößerung der Kavitatenlänge von + 8,0 µm bis zur mesialen Kavitätenstufe als auch von + 20,0 µm bis zum approximalen Federrand wurde das Einsetzen einer Gußfüllung nicht behindern, jedoch am approximalen Federrand zu einem Randspalt führen.

3.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Auf Grund der Untersuchungen von B.RAU zusammen mit R.MAYER (1975), H.MEINERS, R.MARXKORS und M.WRONSKA-GOLDA (1980), D.G.WERNER mit R.MAYER (1980), A.MAILE (1982) und anderen war vorauszusehen, daß unsere über die Abdrücke gewonnen Gipsmodelle nicht mit dem Originalmodell übereinstimmen würden; jedoch waren bei allen drei Abdruckserien an mindestens zwei Meßpunkten, deren Lokalisation variierte, keine signifikanten Unterschiede zum Originalstumpf festzustellen.

Die Abweichungen bei unseren Untersuchungen waren, je nach Meßstrecke und Abdruckmethode bei einer Größenordnung von + 32,0 µm (Strecke 6 = Kavitätenbreite, Abdruckserie O = Doppelmischabdruck) und -16,6 µm (Strecke 6 = Kavitätenbreite, Abdruckserie H = Hydrokolloidabdruck) zu finden.

Klinisch relevant hinsichtlich des Federrandes (Randspalt) sind die Strecken 1, 2 und 3 (Kavitätentiefen), wobei die größte Abweichung bei der Abdruckserie S (Korrekturabdruck; Strecke 3) mit -12,0 µm festgestellt werden konnte, die kleinste Abweichung mit -3,0 µm bei der Abdruckserie H (Hydrokolloidabdruck).

Für den approximalen Raum, bzw. den approximalen Federrand (Randspalt) sind die Abweichungen im Bereich der Kavitätenlängen insbesondere die Strecke 8 (große Kavitätenlänge) von Bedeutung; die größte Abweichung wurde hierbei bei der Abdruckserie O (Doppelmischabdruck) mit + 20,0 µm, die kleinste wurde mit + 6,0 µm bei der Abdruckserie H (Hydrokolloidabdruck) festgestellt.

Zur kurzen Übersicht wurden die Abweichungensmittelwerte für jede Abdruckserie addiert und das arithmetische Mittel aller 8 Meßstrecken errechnet, wodurch sich folgendes Bild ergibt:
Vom Betrag her liegen die Ergebnisse der 3 Abdruckserien H,S und O sehr nahe beieinander.
Die geringste durchschnittliche Abweichung wurde bei der Abdruckserie O (OPTOSIL-XANTOPREN PLUS; Doppelmischabdruck) mit + 4,2 µm ermittelt.

Ein gleichermaßen gutes Ergebnis wurde mit der Abdruckserie H (RUBBERLOID HEAVY BODIED-WHITE; Hydrokolloidabdruck) mit einer Abweichung von -5,4 µm erzielt, etwas schlechter ist das Ergebnis bei der Abdruckserie S (SILAPLAST NEU-SILASOFT NEU; Korrekturabdruckverfahren) mit einer durchschnittlichen Abweichung von -5,9 µm.

4. Diskussion

Vorweg darf festgestellt werden, daß die unterschiedlichen Abdruckmethoden die hier zur Untersuchung anstanden, am Patienten mit all den hier zusätzlichen Einflüssen wie z.B. Speichel etc. durchgeführt worden sind. Des weiteren handelt es sich hier durchweg um die Abformung von Gußfüllungskavitäten . Dies beinhaltet, daß direkte Vergleiche mit anderen Autoren, die meist in-vitro Untersuchungen mittels stilisierten Kronenstümpfen durchführten, nicht möglich sind.
Aus der vorliegenden Arbeit geht nun hervor, daß bei den von uns angewandten Abdruckmethoden, gewisse Meßstrecken verkürzt, andere dagegen verlängert wiedergegeben werden.

Da unsere Messungen dreidimensional (X, Y und Z-Richtung) erfolgen, und die Meßergebnisse analog für jedes Abdruckverfahren spezifische Wiedergabeeigenschaften zeigen, teilen wir die Meßstrecken in drei verschiedene Gruppen ein. Hierbei zeigen Meßwerte einer Abdruckserie ähnliches Verhalten. Somit ergibt sich:

Gruppe 1: 1.1. Kavitätentiefen - Strecke 1, 2 und 3
1.2. Federrand okklusal - Strecke 4 und 5

Gruppe 2: Kavitätenbreite - Strecke 6

Gruppe 3: Kavitätenlänge - Strecke 7 und 8

Zur näheren Betrachtung wird hierbei gleichzeitig aus den einzelnen Meßwerten das arithmetische Mittel der Abweichung für jedes Abdruckverfahren ermittelt.

Gruppe 1.1. - Kavitätentiefe

Hierbei gilt: Wird die Kavitätentiefe vergrößert wiedergegeben, so sitzt die Gußfüllung auf dem Kavitätenboden des Originalstumpfes auf, wodurch dann ein Randspalt am okklusalen Federrand entsteht (vgl. Abb. 9). Ein solches Verhalten konnten wir bei unseren untersuchten Gußfüllungskavitäten nicht feststellen. Wird die Kavitätentiefe verkürzt wiedergegeben, so

sitzt die Gußfüllung nicht auf dem Kavitätenboden des Originalstumpfes auf, wodurch dann die Gußfüllung auf dem okklusalen Federrand aufsitzt bzw. klinisch korrekt aufliegt (vgl. Abb. 10). Das war bei allen Abdruckserien der Fall, wobei folgende Abweichungen gemessen wurden:
Abdruckserie O: -6,6 µm, Abdruckserie S: -8,3 µm, Abdruckserie H: -7,3 µm
Würde man auf eine ausgeprägte approximal-zervikale Abschrägung verzichten - R.MAYER (1981) fordert eine sogenannte "flächenhafte Abschrägung" - so würde daraus durch die verkürzte Wiedergabe der Kavitätentiefe eine in approximal-zervikaler Richtung zu kurze Gußfüllung resultieren (vgl. Abb. 10). Die Folge wäre ein mehr oder minder großer Spalt zwischen Gußfüllung und zervikaler Stufe, der dann beim Einsetzen der Gußfüllung mit Zement ausgefüllt wird. Dies weiterhin würde das Auswaschen des Zements zwischen Stumpf und Gußfüllung ermöglichen. Auch das Brünieren oder Anpolieren des nicht vorhandenen Federrands ist dadurch ausgeschlossen.

1.2. - Okklusaler Federrand (hier: Federrandhöhe)

Hierbei gilt: Wird die Meßstrecke der okklusalen Federrandhöhe vergrößert wiedergegeben (d.h. die Höhe des Federrandes wird in caudal-cranialer Richtung verkürzt), so sitzt die Gußfüllung auf dem okklusalen Federrand des Originalstumpfes auf, und am Kavitätenboden entsteht ein Spalt; gleichzeitig wird die Gußfüllung okklusal zu hoch (vgl. Abb. 11). Ein solches Verhalten konnten wir bei unseren Gußfüllungskavitäten nicht feststellen. Wird die Meßstrecke verkürzt wiedergegeben (d.h. die Höhe des Federrandes wird in caudal-cranialer Richtung vergrößert), so liegt der Federrand am Gipsmodell höher, wodurch eine Gußfüllung auf dem Originalstumpf einen Randspalt aufweist (vgl. Abb. 12). Dies war bei sämtlichen Abdruckserien der Fall, wobei folgende Abweichungen gemessen wurden:
Abdruckserie O: -3,0 µm, Abdruckserie S: -2,8 µm, Abdruckserie H: -3,1 µm

Zur Gruppe 1.1. und 1.2. geben die Fälle 3a - 6c (Abb. 13 - 24) eine Übersicht der Variationsmöglichkeiten von Abweichungen bezüglich ihrer praktischen Folgen.
Bei unseren Untersuchungen wurden die Abweichungen aller Abdruckserien verkürzt wiedergegeben (negative Werte). Die Abweichungen bei der Messung der Kavitätentiefe sind dabei stärker als beim okklusalen Federrand. Praktisch

bedeutet dies, daß Kavitätenboden und Federrand am Modell höher liegen, und eine Gußfüllung auf dem Originalstumpf okklusal zu niedrig ist. Gleichzeitig entsteht ein Spalt zwischen Kavitätenboden und Gußfüllung (vgl. Abb. 23). Dies ist sicher mit ein Grund, warum W.B.FUCHS und R.MAYER (1970) empfohlen haben, daß man im okklusalen Bereich einer breitflächigen Federrandpräparation den Vorzug gibt.

Gruppe 2 - Kavitätenbreite

Hierbei gilt: Wird die Kavitätenbreite vergrößert wiedergegeben, so wird das Einsetzen einer Gußfüllung behindert (Presspassung) oder ganz unmöglich (vgl. Abb. 25). Das war bei den Serien S und O der Fall, wobei folgende Abweichungen gemessen wurden:
Abdruckserie O: +32,0 µm, Abdruckserie S: +15,0 µm
Wird die Kavitätenbreite verkürzt wiedergegeben, so verringert sich die Kavitätenbreite am Gipsmodell, wodurch das Einsetzen einer Gußfüllung nicht behindert wird. Es entsteht ein Spalt zwischen Kavitätenwand und Gußfüllung. Das war bei der Abdruckserie H der Fall, wobei eine Abweichung von -16,6 µm gemessen wurde.

Gruppe 3 - Kavitätenlänge

Hierbei gilt: Wird die Kavitätenlänge vergrößert wiedergegeben, so bewirkt dies eine Verlängerung der Kavitätenlänge am Gipsmodell, wodurch beim Einsetzen einer Gußfüllung am mesial-approximalen Rand ein Spalt entsteht (vgl. Abb. 28). Das war bei den Abdruckserien H mit +0,5 µm und O mit +14,0 µm der Fall.
Je größer die Wiedergabe der Kavitätenlänge ist, desto mehr nimmt der Randspalt im approximalen Bereich zu. Aus diesem Grund muß die Empfehlung von R.MAYER (1967) in die Konzeption der Gußfüllungspräparationen im approximal-zervikalen Bereich einbezogen werden. Diese sieht eine flächenhafte Präparation im Sinne des slice-cut vor.

Wird die Kavitätenlänge verkürzt wiedergegeben, so verkürzt sich die Kavitätenlänge am Gipsmodell, wodurch das Einsetzen einer Gußfüllung in den Originalstumpf durch einen zu starken mesialen Kontaktpunkt behindert wird (vgl. Abb. 27). Das war bei der Abdruckserie S der Fall, wobei eine Abweichung von -16,0 µm gemessen wurde.

Die Abbildungen 9 - 26 zeigen die schematische Darstellung der möglichen Ergebnisse und deren Folgen anhand von Querschnitten von Stumpf und Gußfüllung in bucco-lingualer Richtung.
Hierbei gilt:

Links:	Mitte:	Rechts:
Originalstumpf mit optimaler Füllung	Gipsstumpf mit der darauf hergestellten Gußfüllung	Originalstumpf mit fertiger Gußfüllung

Fall 1a Kavitätenboden am Modell zu tief (vergrößerte Wiedergabe/ positiver Meßwert)
Folge: -okklusal zu hoch
-Randspalt am okklusalen Federrand

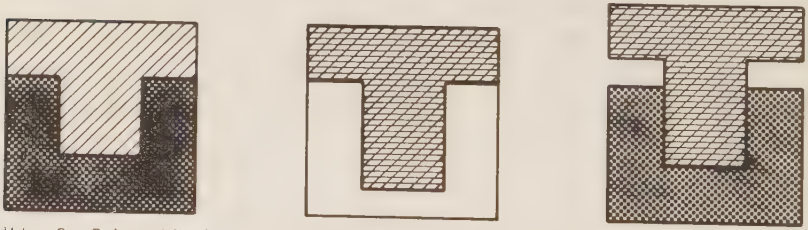

Abb. 9 Schematische Darstellung zu Fall 1a

Fall 1b Kavitätenboden am Modell zu hoch (verkürzte Wiedergabe/ negativer Meßwert)
Folge: -Spalt am Kavitätenboden

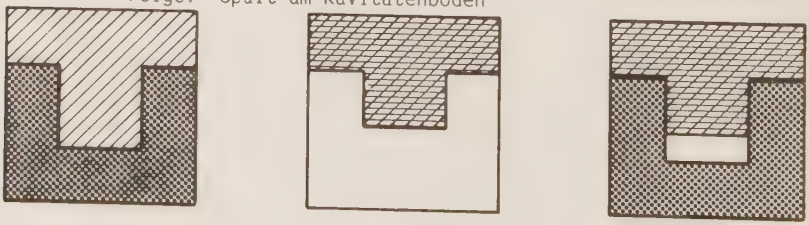

Abb. 10 Schematische Darstellung zu Fall 1b

Fall 2a Federrand am Modell zu tief (vergrößerte Wiedergabe/ positiver Meßwert)
Folge: -okklusal zu hoch
-Spalt am Kavitätenboden

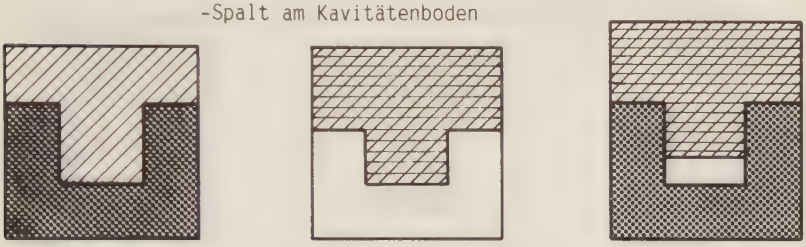

Abb. 11 Schematische Darstellung zu Fall 2a

Fall 2b Federrand am Modell zu hoch (verkleinerte Wiedergabe/ negativer Meßwert)
Folge: -Randspalt am okklusalen Federrand

Abb. 12 Schematische Darstellung zu Fall 2b

Fall 3a Kombination aus Fall 1a und Fall 2a
Fall 1a Kavitätenboden am Modell zu tief
Fall 2a Federrand am Modell zu tief
Abweichung Fall 1a gleich groß wie Abweichung Fall 2a
Folge: -okklusal erhöht

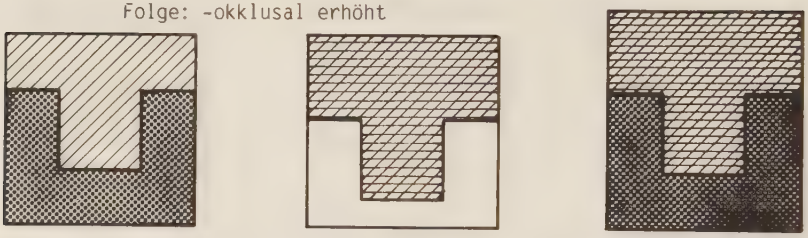

Abb. 13 Schematische Darstellung zu Fall 3a

Fall 3b Abweichung Fall 1a ist größer als Abweichung Fall 2a
Folge: -okklusal erhöht
-Randspalt am okklusalen Federrand

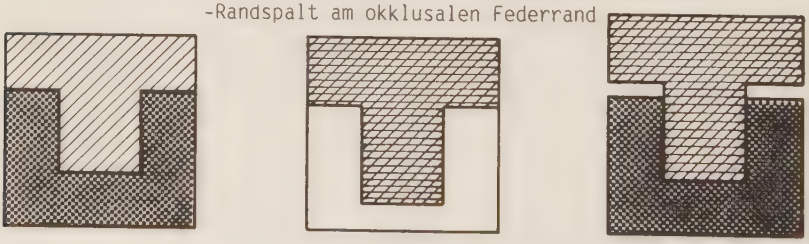

Abb. 14 Schematische Darstellung zu Fall 3b

Fall 3c Abweichung aus Fall 1a ist kleiner als Abweichung Fall 2a
Folge: -okklusal erhöht
-Spalt am Kavitätenboden

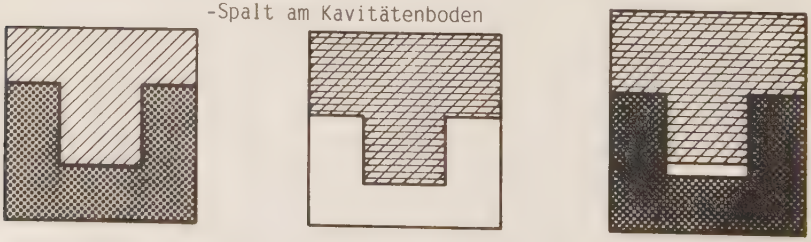

Abb. 15 Schematische Darstellung zu Fall 3c

Fall 4a Kombination aus Fall 1a und Fall 2b
Fall 1a Kavitätenboden am Modell zu tief
Fall 2b Federrand am Modell zu hoch
Abweichung Fall 1a ist gleich wie Abweichung 2b
Folge: -okklusal zu hoch
-verstärkter Randspalt am okklusalen Federrand

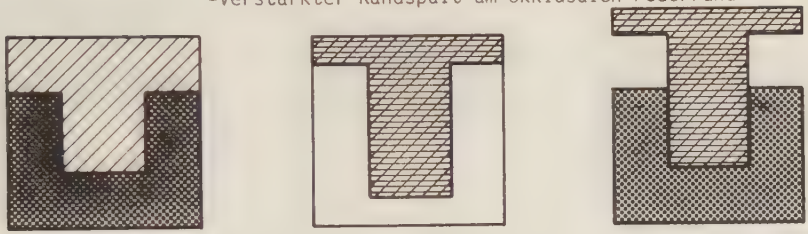

Abb. 16 Schematische Darstellung zu Fall 4a

Fall 4b Abweichung Fall 1a größer als Abweichung Fall 2b
Folge: -okklusal zu hoch (siehe Fall 4a)
-Randspalt am okklusalen Federrand

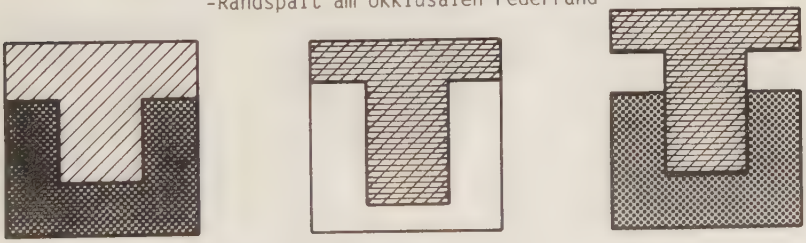

Abb. 17 Schematische Darstellung zu Fall 4b

Fall 4c Abweichung Fall 1a kleiner als Abweichung Fall 2b
Folge: -okklusal zu hoch (kleiner als 4a, 4b)

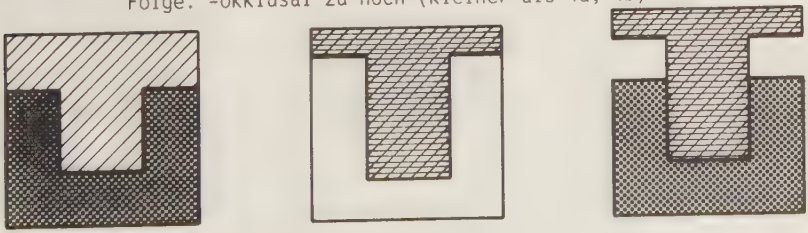

Abb. 18 Schematische Darstellung zu Fall 4c

Fall 5a Kombination aus Fall 1b und Fall 2a
Fall 1b Kavitätenboden am Modell zu hoch
Fall 2b Federrand am Modell zu tief
Abweichung Fall 1b ist gleich wie Fall 2a
Folge: -okklusal zu hoch
-starker Spalt am Kavitätenboden

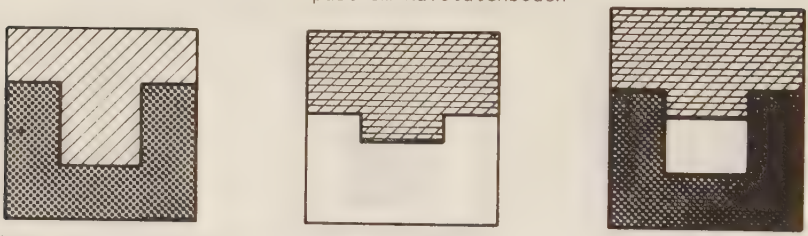

Abb. 19 Schematische Darstellung zu Fall 5a

Fall 5b Abweichung Fall 1b ist größer als Abweichung Fall 2a
Folge: -okklusal zu hoch

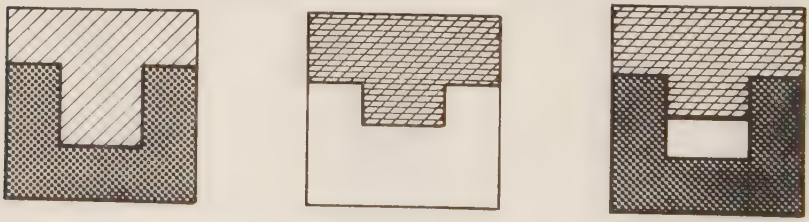

Abb. 20 Schematische Darstellung zu Fall 5b

Fall 5c Abweichung Fall 1b kleiner als Fall 2a
Folge: -okklusal zu hoch
- Spalt am Kavitätenboden

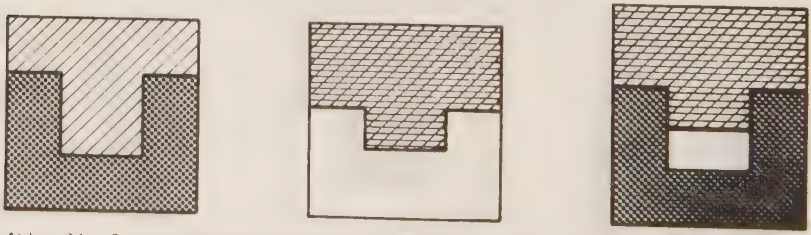

Abb. 21 Schematische Darstellung zu Fall 5c

Fall 6a Kombination aus Fall 1b und Fall 2b
Fall 1b Kavitätenboden am Modell zu hoch
Fall 2b Federrand am Modell zu hoch
Abweichung Fall 1b ist gleich wie Abweichung Fall 2b
Folge: -okklusal zu niedrig

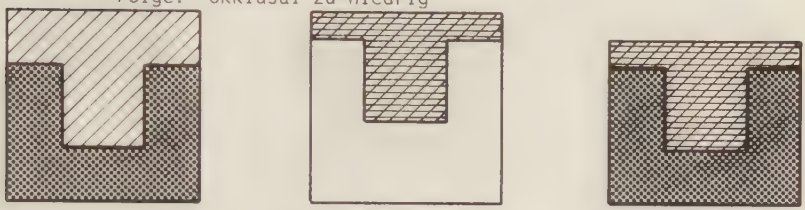

Abb. 22 Schematische Darstellung zu Fall 6a

Fall 6b Abweichung Fall 1b größer als Abweichung Fall 2b
Folge: -okklusal zu niedrig
-Spalt am Kavitätenboden

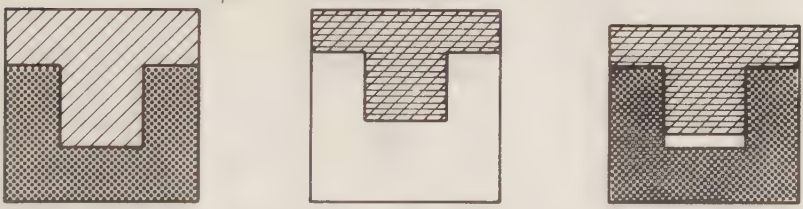

Abb. 23 Schematische Darstellung zu Fall 6b

Fall 6c Abweichung Fall 1b kleiner als Abweichung Fall 2b
Folge: -okklusal zu niedrig
-Spalt am okklusalen Federrand

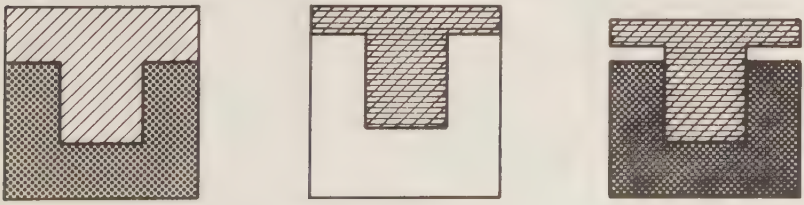

Abb. 24 Schematische Darstellung zu Fall 6c

Fall 7a Kavitätenbreite vergrößert

Folge: -Gußfüllung nicht einsetzbar bzw. Gußfüllung klemmt

-Frakturgefahr

Abb. 25 Schematische Darstellung zu Fall 7a

Fall 7b Kavitätenbreite verringert

Folge: -Friktion verringert

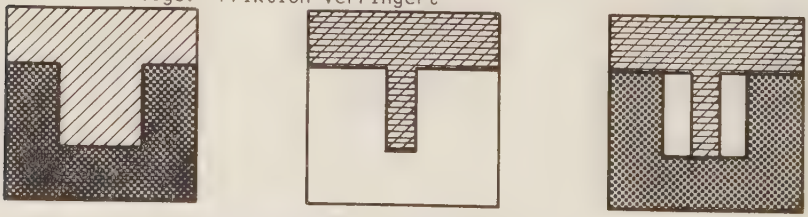

Abb. 26 Schematische Darstellung zu Fall 7b

Die folgenden Abbildungen 27 und 28 zeigen die schematische Darstellung der möglichen Ergebnisse und deren Folgen anhand von Querschnitten in mesio- distaler Richtung, wobei jeweils links der Originalstumpf mit optimaler Gußfüllung, in der Mitte der Gipsmodellstumpf mit der darauf hergestellten Gußfüllung und rechts wiederum der Originalstumpf mit fertiger Gußfüllung dargestellt ist.

Fall 8a Kavitätenlänge verkürzt

Folge: -erschwertes Einsetzen
-okklusale Störungen
-zu strammer Kontaktpunkt (mesial)
-Spalt am Kavitätenende (distal)

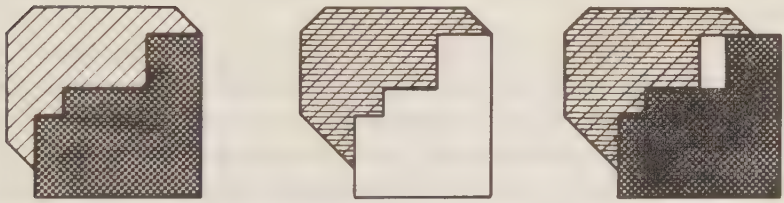

Abb. 27 Schematische Darstellung zu Fall 8a

Fall 8b Kavitätenlänge vergrößert

Folge: -mesialer Randspalt

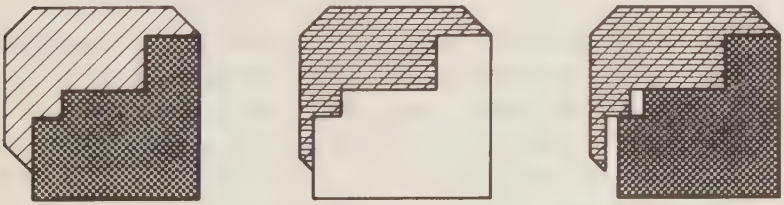

Abb. 28 Schematische Darstellung zu Fall 8b

Wie V.K.ILG (1958, 1959, 1960), der u.a. Untersuchungen mit negativ und positiv geformten Prüfkörpern entsprechend der Gußfüllungstechnik durchführte, konnten wir bei unseren Untersuchungen ähnliche Resultate beobachten. Bei negativ geformten Prüfkörperteilen, z.B. der Kavitätentiefe und -breite, ergab sich eine Verkürzung der Meßstrecke; bei positiv geformten, wie der Kavitätenlänge, eine Verlängerung der Meßstrecke. Abweichend ergab sich bei der Kavitätenbreite eine Verlängerung der Meßstrecke bei den Abdruckserien H und O, bei der Kavitätenlänge bei der Abdruckserie S eine Verkürzung der Meßstrecke.

Ebenfalls konnten wir die von H.MEINERS (1973, 1977, 1980) dargestellten Volumenänderungen von Abdruckmaterialien bei unseren Untersuchungen feststellen. So schrumpft bei einer Kontraktion das am Abformlöffel haftende Abdruckmaterial zur Löffelwand hin, wobei mit zunehmender Schichtdicke die Gesamtkontraktion zunimmt. Deutlich wurde dies insbesondere bei den geringen Abweichungen der Meßstrecken am okklusalen Federrand gegenüber der Kavitätentiefe.

Auf Grund ihrer leichten Deformierbarkeit und zur Verhinderung von zentrischen Kontraktionen bedürfen nach H.MEINERS (1980) insbesondere die elastomeren Abformmaterialien einer Stabilisierung durch starre Abformlöffel. Eine ausreichende Stabilisierung ist nur gewährleistet durch mechanische oder chemische Haftung der Massen am Löffel (G.FRANZ, 1975). Die Retention der an der Wand der Abdrucklöffel nicht haftenden Hydrokolloide erfolgt durch röhrenförmige Unterschnitte am Abdrucklöffel (L.CASTAGNOLA und J.WIRZ 1976).

Beim Hydrokolloidabformverfahren wird das dünnfließende Spritzenmaterial möglichst blasenfrei um die Präparation und in die abzuformende Kavität gespritzt. Dabei wird der Stumpf praktisch ganz vom Spritzenmaterial bedeckt. Umgehend wird dann der mit Tubenmaterial beschickte Abformlöffel in den Mund gebracht.
Im Längs- und Querschnitt stellt sich uns folgende Verteilung von Spritzen- und Löffelmaterial dar:

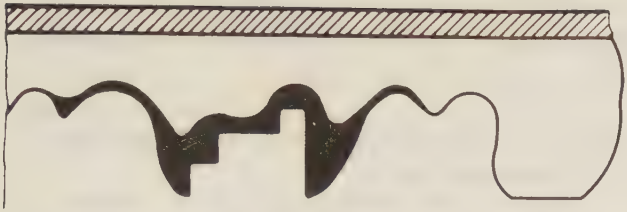

Abb. 29 Hydrokolloidabformverfahren: Verteilung von Spritzen- und Löffelmaterial im Längsschnitt. (Tubenmaterial: weiß; Spritzenmaterial: schwarz; Löffel: schraffiert)

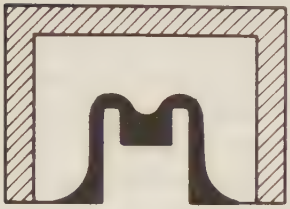

Abb. 30 Hydrokolloidabformverfahren: Verteilung von Spritzen- und Löffelmaterial im Querschnitt. (Tubenmaterial: weiß; Spritzenmaterial schwarz; Löffel: schraffiert

Die Schichtdicke des Spritzenmaterials verliert bei unseren Betrachtungen an Bedeutung, da das Volumenverhalten von Spritzen- und Löffelmaterial praktisch identisch ist. Da das Hydrokolloid über 80 % H_2O enthält, ist eine Kompression des Materials mit darauffolgender elastischer Rückstellung durch die geringe Druckanwendung bei der Abformung weitgehend ausgeschlossen (M.MEINERS und K.RASCHE 1973).

Die von uns bei der Hydrokolloidabformung ermittelten Ergebnisse bestätigen die von H.MEINERS (1973, 1977, 1980) beschriebenen Kontraktionsverhalten von Abformmaterialien. Negative Präparationsteile werden verkürzt wiedergegeben, positive verlängert. Die von L.CASTAGNOLA und J.WIRZ (1974, 1976) durchgeführten Untersuchungen von Hydrokolloiden, die eine Verkleinerung der Modellstümpfe aus VELL-MIX-STONE (KERR) erbrachten, konnten wir nur anhand der Strecke 7 (kleine Kavitätenlänge) mit einer Meßstreckenverkürzung von -5,0 µm bestätigen. Allerdings beschränkten sich diese Untersuchungen auf die Abformung der eingangs erwähnten stilisierten Kronenstümpfe im Modellversuch.

Beim Korrekturabdruckverfahren wird mit Hilfe der Abflußrillen die Verteilung des Korrekturmaterials gleichmäßig und gleichzeitig auch dessen Schichtdicke reduziert.

Im Längs- und Querschnitt stellt sich die Verteilung von Erstabdruck- und Korrekturmaterial folgendermaßen dar:

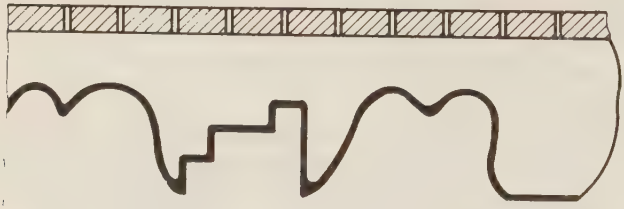

Abb. 31 Korrekturabdruckverfahren: Verteilung von Erst- und Korrekturmaterial im Längsschnitt. (Erstabdruckmaterial: weiß; Korrekturmaterial:schwarz; Löffel: schraffiert)

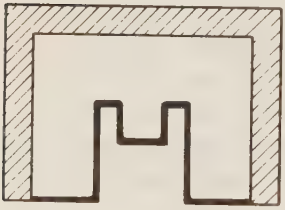

Abb. 32 Korrekturabdruckverfahren: Verteilung von Erstabdruck- und Korrekturmaterial im Querschnitt. (Erstabdruckmaterial: weiß; Korrekturmaterial: schwarz; Löffel: schraffiert)

Wie aus Untersuchungen von H.BERGMANN und E.KÖRBER (1966), M.HOFMANN und P.LUDWIG (1968), E.KÖRBER und LEHMANN (1969) sowie H.J.BERGER, R.MARXKORS UND H.MEINERS (1973) hervorgeht, wurden Kronenstümpfe durch Korrekturabdrücke ohne Abflußrillen verkleinert wiedergegeben. Die Ursache sahen H.J.BERGER, R.MARXKORS und H.MEINERS (1973) und andere Autoren in einem methodisch bedingten Fehler, der insbesondere auf Grund der elastischen Deformation des Erstabdruckmaterials durch nicht genügend abfließendes Korrekturmaterial verursacht wird. Wird der Abdruck abgenommen, so stellt sich das Erstabdruckmaterial zurück, und das Stumpflumen wird somit verengt.

Bei unseren Untersuchungen wurde das Korrekturabdruckverfahren mit Abflußrillen angewandt. Das Anbringen von Abflußrillen und das Beschneiden

der Erstabformung wurde ähnlich der Beschreibung von K.M.LEHMANN (1980) durchgeführt. Da es sich bei unserem abzuformenden Objekt um eine Gußfüllungskavität und nicht um einen Kronenstumpf handelt, war es aus platztechnischen Gründen nicht möglich, die Abflußkanäle in diesem Bereich so anzubringen, wie dies K.M.LEHMANN (1980) beschreibt.

Wir vermuten, daß dies zu Abflußbehinderungen für das Korrekturmaterial und als indirekte Folge zu elastischen Deformationen führen kann. Dies zeigte sich bei der verlängert wiedergegebenen Kavitätenbreite (Strecke 6) mit 15,0 µm (0,3 %) und der verkürzt wiedergegebenen Kavitätenlänge (Strecke 7, 8) um jeweils - 16,0 µm (0,3 bzw. 0,2 %). Wesentlich hierbei erscheint uns auch die Betrachtung des Abflußweges des Korrekturmaterials (siehe Abb. 33). Innerhalb der Kavität dürfte die Hauptflußrichtung entlang dem Kavitätenboden über die mesiale Stufe in den Approximalraum erfolgen, gleichzeitig verlaufen Abflußwege über die linguale, buccale und distale innere Kavitätenwand. Es kommt in diesen Bereichen zu Stauungen des Korrekturmaterials, welches unter Einfluß des zunehmenden Vernetzungsgrades zu elastischen Deformationen des Erstabdruckmaterials und zu endogenen Spannungen im Korrekturmaterial selbst führt.

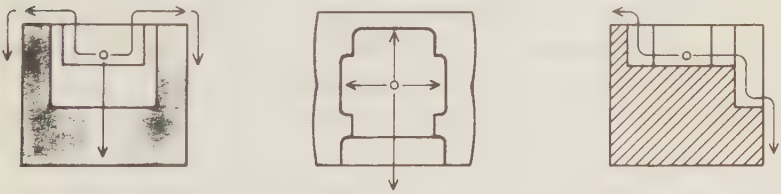

Abb. 33 Abflußwege für das Korrekturmaterial im Querschnitt, der Draufsicht und im Längsschnitt

Beim Doppelmischabdruck in der Sandwichtechnik, der sich nach H.J.BERGER, R.MARXKORS und H.MEINERS (1973) durch sehr kurze Verarbeitungszeit auszeichnet und nach K.RASCHE (1978) sowie LEHMANN (1980) für alle Präparationsformen mit supragingivaler Präparationsgrenze, insbesondere für Inlays und Onlays geeignet ist, stellt sich die Verteilung von Knetsilikonen und Fließsilikonen folgendermaßen dar:

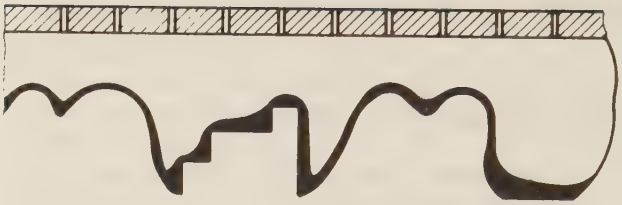

Abb 34 Doppelmischabdruckverfahren: Verteilung von Knetsilikonen und Fließsilikonen im Längsschnitt. (Knetsilikon: weiß; Fließsilikon: schwarz; Löffel: schraffiert)

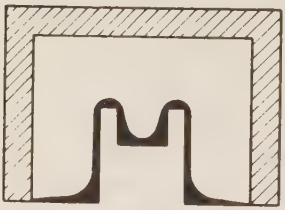

Abb. 35 Doppelmischabdruckverfahren: Verteilung von Knet- und Fließsilikonen im Querschnitt. (Knetsilikon: weiß; Fließsilikon: schwarz Löffel: schraffiert)

Bei dieser Abdruckmethode fehlt der Stempeldruck, da das Knetsilikon mit dem dünnfließenden Silikon gleichzeitig in der plastischen Phase im Munde appliziert wird. Ohne den beim Korrekturabdruck auftretenden Stempeldruck verbleiben größere Mengen des dünnfließenden Silikons in der Kavität und in den Interdentalräumen, was in den entsprechenden Räumen zu größeren Abweichungen führte. So wurde die Kavitätenbreite mit + 32,0 µm vergößert wiedergegeben. Die Ursache dürfte, bedingt durch die ungünstigen Abflußbedingungen im Bereich der Kavität bei endogenen Spannungen liegen, wie sie von H.MEINERS (1973) beschrieben wurden.

Die vergrößerte Wiedergabe der kleinen und großen Kavitätenlängen mit 8,0 µm und 20,0 µm führen wir auf die relativ starke Kontraktion des in den Interdentalräumen stark vorhandenen, dünnfließenden Silikonabformmaterials zurück, das durch geringeren Füllstoffgehalt einer stärkeren Kontraktion unterworfen ist.

Da es sich bei unseren Untersuchungen um in vivo Untersuchungen handelt, muß bei der vergrößerten Wiedergabe der Kavitätenlänge auch an die Möglichkeit gedacht werden, daß es im tiefen Interdentalraum zur Abformung von Speichel kommen kann, der trotz relativer Trockenlegung

beim Einbringen des Abformlöffels oftmals in den tiefen Interdentalbereich einzudringen vermag. Da die beim Korrekturabdruck auftretende Stempelwirkung, die sowohl Korrekturmaterial als auch eingeflossenen Speichel auszupressen vermag, hier nicht auftritt, neigen wir zu der Auffassung, daß Fehler beim Doppelmischabdruck eben auf solche Speichelabformungen zurückzuführen sind. Dies ist für uns mit ein Grund, gleichermaßen wie K.RASCHE (1978) das Doppelmischabdruckverfahren nur einem ganz bestimmten Indikationsgebiet zuzuweisen.

Bemüht man sich weiter, Ursachen für die von anderen Autoren abweichenden Ergebnisse zu eruieren, so ist im Zusammenhang mit den bereits erwähnten Punkten (nämlich Untersuchung an einer Gußfüllungskavität, und diese direkt am Patienten), folgendes in unsere Überlegung einzubeziehen:

Das abzuformende Objekt ist ein "Originalzahn" (devitaler Molar). Somit ist im Gegensatz zu den in anderen Untersuchungen verwendeten Prüfkörpern dieser bei uns nicht aus Metall. Dadurch kommen völlig andere physikalische Eigenschaften zum Tragen als bei unserem Prüfkörper.

Unsere Untersuchungen wurden mit handelsüblichen Abformlöffeln durchgeführt. Dadurch variierte die Schichtdicke der Abdruckmaterialien. Bei labortechnischen Untersuchungen ist dieser Abstand in der Regel wegen der festen Versuchsanordnung konstant.

Die Form des Abdrucklöffels ist entsprechend der Zahnreihe gebogen, und nicht wie bei den meisten laortechnischen Untersuchungen gerade.

Am ehesten lassen sich unsere Ergebnisse mit jenen von D.G.WERNER (1980) vergleichen, der seine Untersuchungen anhand eines Prüfquaders aus Metall und zweier simulierter zweiflächiger Gußfüllungskavitäten im labortechnischen Versuch durchführte. Er untersuchte ebenfalls die Abformgenauigkeit verschiedener Abdruckverfahren und Abdruckmaterialien.

Gegenüberstellender Vergleich der Untersuchungsergebnisse von D.G.WERNER (1980) mit getrockneten Stümpfen und unseren in vivo gewonnen Ergebnissen:

Abdruckserie: (OPTOSIL-XANTOPREN PLUS)	WERNER	EIGENE
Kavitätentiefen	-0,03 %	-0,2 %
Kavitätenbreite	+0,1 %	+0,5 %
Kavitätenlängen	+0,2 %	+0,2 %
Abdruckserie: (RUBBERLOID HEAVY BODIED-WHITE)		
Kavitätentiefen	-0,30 %	-0,23 %
Kavitätenbreite	-0,10 %	-0,30 %
Kavitätenlängen	+0,05 %	0,00 %
Abdruckserie: (SILAPLAST NEU-SILASOFT NEU)		
Kavitätentiefen	-0,1 %	-0,3 %
Kavitätenbreite	+0,1 %	+0,3 %
Kavitätenlängen	0,0 %	-0,25 %

D.G.WERNER (1980) führte seine Hauptuntersuchungen mit zwei Versuchsserien (I und II) und jeweils drei verschiedenen Abdruckserien aus. Einmal führte er seine Abformungen mit getrockneten Prüfkörpern, das andere Mal mit H_2O befeuchteten Prüfkörpern durch. Auffällig ist dabei, daß unsere "in vivo" Untersuchungen analoge Tendenzen im Vergleich zu oben genannter Versuchsserie (II) mit getrockneten Prüfkörpern aufzeigten, und weniger mit der Versuchsserie I mit den befeuchteten Prüfkörpern. Die Meßwerte der Abweichungen waren allerdings etwas größer. Bemerkenswert erscheint uns, daß die Mittelwerte der Vertrauensbereiche (bis zu 3,2 µm) bei unserer Unteruchung größer sind; wir führen dies auf die vergrößerte Anzahl von Parametern zurück, wie sie zwangsweise bei Untersuchungen am Patienten auftreten.

Bei unserem Prüfkörper handelt es sich um einen devitalen Zahn, ein Liquoraustritt zur Dentinoberfläche fand nicht statt, jedoch ist die Benetzbarkeit mit H_2O bei einer Dentinoberfläche wesentlich günstiger

als bei einer Metalloberfläche. Die Benetzbarkeit der Metallfläche mit H_2O ist relativ schlecht, es bilden sich, bedingt durch die Kohäsion, Wassertröpfchen, die somit keinen geschlossenen Feuchtigkeitsfilm darstellen. Auch bei relativer Trockenlegung wird im oralen Milieu die Zahnoberfläche, die bei einer Kavität aus Schmelz, Dentin und Wundverband gebildet wird, als Kondensationsfläche für die in der Mundhöhle vorherrschende Luftfeuchtigkeit eine Rolle spielen.

M.M.WOLKENSZTEIJN (1973) kam bei seinen Untersuchungen über die Abdruckschärfe von Silikon- und Hydrokolloidabdruckmaterialien zu dem Resultat, daß seine in vivo gewonnen Ergebnisse anderen, labortechnischen Untersuchungen nachstehen. Hieraus folgerte er, in vitro Untersuchungen mit Metallprüfkörpern sollten nicht überbewertet werden.

B.RAU (1975) untersuchte die Abformmaterialien anhand von stilisierten ein-, zwei- und dreiflächigen Inlaypräparationen.
Die Abformungen am zweiflächigen Modell ergaben beim Korrekturabdruck (mit Abflußrillen) mit SILAPLAST und SILASOFT verkürzte Meßstrecken, so die Kavitätentiefe - 0,27 %, die Kavitätenlänge - 0,06 % und die Kavitätenbreite - 0,21 %. Bei der Doppelmischabformung mit SILAPLAST - SILASOFT zeigten sich folgende Verkleinerungen der Meßstrecke; bei der Kavitätentiefe - 0,64 %, der Kavitätenlänge - 0,26 % und bei der Kavitätenbreite - 0,12 %. Die Modellherstellung erfolgte bei den Untersuchungen von B.RAU (1975) 24 Stunden nach Abdrucknahme.

V.K.ILG (1959, 1960) führte Untersuchungen anhand von positiv und negativ geformten Prüfkörpern durch. Die Kavität war dabei einer BLACK I bzw. BLACK II Kavität sehr ähnlich. V.K.ILG führte nur einphasige Abformungen durch, deshalb kann zum Vergleich nur der Doppelmischabdruck herangezogen werden. So zeigte sich, wie bei ILG, daß die Kavitätentiefe (negativer Präparationsteil) verkürzt (-0,20 %) und die Kavitätenlängen (positiver Präparytionsteil) vergrößert (+0,20 %) wiedergegeben wurden.

Ähnliche Ergebnisse zeigten die Untersuchungen von P.RIETHE (1963), bei welchen alle nach Abdruckmodellen hergestellten Gußfüllungen im Bereich der negativen Präparation zu klein waren.

Die Untersuchungen von M.HOFMANN und P.LUDWIG (1968) anhand eines stilisierten Brückenmodells (nach R.LOHMILLER) ergaben nach 6 Stunden Lagerung sowohl für den Korrekturabdruck (SILAPLAST-SILASOFT) mit Abflußrillen als auch für den Doppelmischabdruck (SILAPLAST-SILASOFT) durchschnittliche Kontraktionen von 0,15 %. Übereinstimmend konnten wir Kontraktionen beim Korrekturabdruck (SILAPLAST-SILASOFT) bei der Kavitätentiefe (-0,30 %) und beim Doppelmischabdruck (OPTOSIL-XANTOPREN PLUS) bei der Kavitätentiefe und -länge mit jeweils 0,20 % feststellen.

Bei den Untersuchungen von E.KÖRBER und H.LEHMANN (1969), die Abformungen über einen Stahlkegeldorn vornahmen, ergab sich bei der Doppelmischtechnik mit SILAPLAST-SILASOFT nach sofortiger Modellherstellung eine durchschnittliche Fehlerbreite von ± 10 µm; nach 48 Stunden Lagerung ± 30 µm.

Die Untersuchungen zu zweizeitigen Abformverfahren für Kronen und Brücken von K.M.LEHMANN und H.O.BURGDORF (1978) zeigten beim Korrekturabdruckverfahren (mit Abflußrillen) mit SILAPLAST-SILASOFT Stumpfmodelle, die an der Stumpfbasis um 0,02 mm zu breit waren. Wir erzielten im Bereich der großen Kavitätenlänge beim Korrekturabdruckverfahren abweichend davon eine Verkleinerung um 0,016 mm, deren Ursache bereits weiter oben diskutiert wurde.

K.M.LEHMANN (1975) beschreibt Abdruckmaterial und Methode des Hydrokolloidabdruckes. Seine Untersuchungen über die Genauigkeit des Verfahrens bei der Abformung von Kronenstümpfen ergaben mittlere Abweichungen der Modellstümpfe vom Original von ± 0,02 mm. Wir ermittelten Abweichungen zwischen + 0,006 mm und - 0,0166 mm.

Die von L.CASTAGNOLA und J.WIRZ (1976) durchgeführten Untersuchungen ergaben, daß die VEL-MIX STONE (KERR) hergestellten Modelle im Vergleich zu den Testmodellen eine Kontraktion aufwiesen. Unsere vergleichbaren Ergebnisse führten zu einer Gesamtabweichung von - 0,12 %.

V.STACHNISS (1978) führte bei seinen Untersuchungen Abformungen mit Hydrokolloiden durch, um Dimensionsänderungen an Stümpfen für Einzelkronen und solchen für Brückenarbeiten am Modell zu ermitteln. Die Ergebnisse bei den Messungen der Stumpfdurchmesser ergaben Schwankungen von ± 0,18 %. Die Modellherstellung erfolgte wie bei unseren Untersuchungen mit VEL-MIX STONE (KERR). Vergleichbare Meßstrecken zeigten bei unseren Hydrokolloidabformungen Abweichungen von - 5,0 µm (= 0,1 %)

der kleinen Länge der Kavität und +6,0 µm (=0,1 %) bei der großen Länge der Kavität.

Zum Schluß möchten wir nochmals auf das Problem des Einflusses der Feuchtigkeit bzw. des Speichels auf die Abformgenauigkeit eingehen. Grundsätzlich stimmen nahezu alle Autoren überein, die Untersuchungen mit Silikonabdruckmassen oder Hydrokolloidabdruckmassen durchführten, daß die präparierten Pfeilerzähne von noch haftenden Speichel- und Blutresten vor der Abdrucknahme gesäubert werden müssen. Bei Silikonabformungen wird die Trockenlegung als selbstverständlich vorausgesetzt. Bei Hydrokolloidabformung gibt es jedoch unterschiedliche Ansichten, L.CASTAGNOLA und J.WIRZ (1976) sind der Meinung, daß die vollkommene Trockenlegung von Pfeilerzähnen und interdentaler Gingiva unnötig ist, weil das hydrophile Hydrokolloid in der Lage ist, ohne Verminderung der Abdruckqualität etwas Feuchtigkeit aufzunehmen. Im Gegensatz dazu bemerken K.M.LEHMANN (1980) und R.J.EIJKELENBORG (1981), daß die abzuformenden Oberflächen blut-, sekret- und speichelfrei sein sollten, was im Sinne einer Trockenlegung zu verstehen ist.
Im oralen Bereich unterscheidet man zwischen relativer und absoluter Trockenlegung, letztere wird mit Hilfe von Kofferdam durchgeführt. Die Untersuchungen von R.MAYER und G.VAUTZ (1968) im Bereich von Frontzahnkavitäten ergaben, daß auch allein mit Watterollen eine verhältnismäßig große Trockenheit in der Kavität möglich ist.
Bei einem vitalen beschliffenen Zahn ist eine Trockenlegung nur mit Hilfe eines Dentinwundverbandes möglich, da nach G.JOHNSSON (1974) im Dentin ein ständiger Flüssigkeitsaustausch von der Pulpa zur Dentinoberfläche hin stattfindet. Bei der relativen Trockenlegung, die wir bei unseren Untersuchungen anwendeten, sind die Zähne ständig von einem Feuchtigkeitsfilm überzogen. Die Zahnoberflächen stellen nach Untersuchungen von M.HERRMANN (1953) die kältesten Oberflächen der Mundhöhle mit 31°C - 34°C dar. Sie sind deshalb Kondensationsflächen für die in der Mundhöhle vorherrschende hohe Luftfeuchtigkeit. Von Interesse ist in diesem Zusammenhang die Untersuchung von H.LAND und P.O.GLANTZ (1977), die Abdruckmassen im Zusammenhang mit der Benetzbarkeit von Dentinoberflächen prüften. Die Benetzbarkeit kann mit Hilfe des Kontaktwinkels zwischen fester Fläche und der Flüssigkeit erfaßt werden. Je kleiner

der Kontaktwinkel, desto besser ist die Benetzbarkeit. Die Untersuchungen zeigten bei angefeuchteter Dentinoberfläche bei den hydrokolloidalen Abformungen flachere Kontaktwinkel als bei Silikonmassen. Vergleiche mit den Ergebnissen unserer Untersuchungen erschienen uns aus den bereits erwähnten Gründen nicht angezeigt.

Zum besseren Vergleich der untersuchten unterschiedlichen Abdruckserien bzw. Abformverfahren ermittelten wir jeweils die prozentuale mittlere Abweichung. Wir mußten jedoch dabei die Abweichung der Meßstrecke 4 und 5 ausklammern, da hier die Meßstrecken am Original sehr klein ausfielen und ein objektiver prozentualer Vergleich mit anderen Strecken nicht mehr möglich war. Dabei ergaben sich bei der Abdruckserie O eine Gesamtabweichung von +0,05 %, bei der Abdruckserie H von -0,12 % und bei der Abdruckserie S +0,23 %.

Zusammenfassend können wir feststellen, daß im Hinblick auf den klinischen Erfolg einer mehrflächigen Gußfüllung die Meßstrecke Kavitätentiefe und Kavitätenlänge von besonderer Bedeutung sind, da sie in direktem Zusammenhang mit der Größe des okklusalen und approximalen Randspalts stehen.
Bezüglich des okklusalen Federrandspaltes führten alle drei Abdruckserien zu Ergebnissen, die einen optimalen okklusalen Randschluß erwarten lassen. Das beste Ergebnis zeigte die Abdruckserie O (OPTOSIL-XANTOPREN PLUS), das schlechteste die Abdruckserie S (SILAPLAST NEU-SILASOFT NEU), welches lediglich einen großen Spalt zwischen Gußfüllung und Kavitätenboden zur Folge hatte.
Bezüglich des approximalen Federrandspaltes lieferte die Abdruckserie H (RUBBERLOID HEAVY BODIED-WHITE) das beste Resultat. Aus den Meßwerten der Abdruckserie O (OPTOSIL-XANTOPREN PLUS) ergibt sich ein größerer Randspalt, aus den Meßwerten der Abdruckserie S, die die Kavitätenlängen zu klein wiedergibt, folgt ein Klemmen der Gußfüllung beim Einsetzen (vgl. Abb. 27).
Nach dem vorliegenden Ergebnissen können wir keinem der von uns untersuchten Abdruckmaterialien einen absoluten Vorrang einräumen, wenngleich wir bei der Abformung von komplizierten Gußfüllungskavitäten dem Material OPTOSIL-XANTOPREN PLUS oder dem Hydrokolloidabformmaterial (RUBBERLOID HEAVY BODIED-WHITE) gegenüber dem SILAPLAST NEU-SILASOFT NEU den Vorzug

geben.

Auf Grund unserer Ergebnisse empfehlen wir die Verwendung von Befestigungszementen, die sich durch eine geringe Filmdicke bzw. Zementkorngröße auszeichnen. Diese Forderung erfüllen nach dem heutigen Stand (D.WELKER, 1981) Zink-Phosphat-Zemente, Polycarboxylat-Zemente und Glasionomerzemente, wobei die beiden letzteren eine bessere Pulpaverträglichkeit aufweisen sollen.

5. Zusammenfassung

Unsere Untersuchungen wurden am Patienten mit Hilfe einer Einstückguß-Prothese mit einem herausnehmbaren extrahierten Zahn durchgeführt. Daran wurden Abformungen mit verschiedenen Abdruckmethoden und Abformmaterialien vorgenommen. Der extrahierte Zahn wurde extraoral mit einer stilisierten zweiflächigen Gußfüllungskavität versehen. Die danach hergestellten Modelle wurden mit der Universalmeßmaschine UMM 500 (ZEISS) vermessen und mit den Meßstrecken des Originals verglichen.

Bei den Modellen der Abdruckserie O (OPTOSIL-XANTOPREN PLUS) traten Abweichungen von -0,2 % bei den Kavitätentiefen, +0,5 % bei den Kavitätenbreiten und +0,2 % bei den Kavitätenlängen auf.
Auf die Praxis und den klinischen Erfolg umgesetzt bedeutet das einen optimalen Randschluß okklusal, allerdings einen Randspalt im approximalen Bereich.
Die mittlere Gesamtabweichung betrug +0,05 % und stellte somit das günstigste Ergebnis unserer Untersuchung dar.

Bei den Modellen der Abdruckserie H (RUBBERLOID HEAVY BODIED-WHITE) traten Abweichungen von -0,23 % bei den Kavitätentiefen, -0,3 % bei der Kavitätenbreite und 0,00 % bei den Kavitätenlängen auf.
Dies bedeutet klinisch ebenfalls optimalen Randschluß okklusal und nahezu ideale Randverhältnisse im approximalen Bereich.
Die mittlere Gesamtabweichung betrug -0,12 %; dies war das zweitbeste Ergebnis unserer Untersuchung.

Bei den Modellen der Abdruckserie S (SILAPLAST NEU - SILASOFT NEU) traten Abweichungen von -0,3 % bei den Kavitätentiefen, +0,3 % bei den Kavitätenbreiten und -0,25 % bei den Kavitätenlängen auf.
Auf die Praxis umgesetzt bedeutet dies gleichermaßen optimalen Randschluß, im approximalen Bereich jedoch Schwierigkeiten beim Einsetzen und somit Ungenauigkeiten am approximal-zervikalen Federrand.
Die mittlere Gesamtabweichung betrug -0,23 %; dies war das ungünstigste Ergebnis unserer Untersuchung. Somit sollte diese Methode bei der indirekten Gußfüllungstechnik als weniger empfehlenswert erachtet werden.

Die Abdruckserie O, H und mit Einschränkung die Serie S zeichneten sich durch relativ günstige Dimensionseigenschaften aus, die sicherlich durch die genaue Befolgung der Herstelleranweisungen bei der Abdrucknahme und Modellherstellung erst erreicht wurden.

6. Literaturverzeichnis

AHRENS,G. und NAUJOKS,R. Vergleichende Untersuchungen an elast. Abdruckmaterialien für die indirekte Inlaytechnik.
Dtsch. zahnärztl. Z. 16, 472-478 (1961)

ANDERSON,J.N. The dimensional stability of three silicon-base impression materials
Dent. Practit. 8, 368-385 (1958)

BACHMANN,J. Etude expérimental comparative de la stabilite dimensionelle dans quatre groupes de matériaux a empreinte.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 75 434-473 (1965)

BERGER,H.J., MARXKORS,R., und MEINERS,H. Abformgenauigkeit bei ringlosen Abdrücken
Dtsch. zahnärztl. Z. 28, 1051-1054 (1973)

BERGMANN,H. und KÖRBER,E. Untersuchungen über neue Abdruckmaterialien für Kronen und Brücken
Dtsch. zahnärztl. Z. 21, 944-948 (1966)

BÖTTGER,H. Erfahrungen mit Silikon-Abformmaterialien
Zahnärztl. Welt 61, 616-619 (1962)

BÖTTGER,H. Über die Abformung beschliffener Zahnstümpfe für Kronenarbeiten mit dem Doppelabdruckverfahren
Dtsch. Zahnärztebl. 19, 63-66 (1965

BRADEN,M. Viscosity and Consistency of Impression Rubbers
J. of Dent. Res. 46, 429-433 (1967)

BROWN,D. Factors affecting the dimensional stability of elastic impression materials.
J. of Dentistry 6, 265-274 (1973)

BUTZ,R. Prüfung der Druckelastizität elastomerer Abformmassen in der Zahnheilkunde
Med. Diss. Bonn (1970)

CASTAGNOLA,L., WIRZ,J. und FENNER,K. Der heutige Stand der Hydrokolloid-Abformstoffe
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. Vol.84 Nr. II, 1207-1299 Nov. 74

CASTAGNOLA,L. und WIRZ,J. Hydrokolloid-Abformstoffe
Die Quintessenz 1, 61-69 (1976)

CAVALLI-SFORZA,L. Biometrie, Grundzüge biologisch-medizinischer Statistik
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (1972)

CHONG,M.P. und DOCKING,A.R. Some setting characteristics of elastomeric impression materials.
Aust. dent. J. 14, 295-301 (1969)

CUSTER,F., UPDEGROVE,L. und WARD,M. Accuracy and Dimension Stability of Silicone Rubber Base Impression Material
J. of Prost. Dent. 14, 1115-1121 (1964)

EBERSBACH,W. Kritische Einschätzung moderner Abformverfahren für Kronen- und Brückentechnik
Dtsch. Stomat. 24, 618-623 (1974)

EFFINGER,A. Volumen-, Gewichts- und Elastizitätsverhalten zahnärztlicher Abdruckmassen auf Silikonbasis
Dtsch. zahnärztl. Z 13, 256-265 (1958)

EIFINGER,F. Rationelle Inlay-Präparation und Abdrucktechnik
Zahnärztl. Welt 81, I.Teil 795-803, II.Teil 849-855 (1972)

EIJKELENBORG,R.J. Das Abdrucksystem mit reversiblen Hydrokolloiden I
Quintessenz 6, Ref.Nr. 6229, 1047-1051 (1981)

EIJKELENBORG,R.J. Das Abdrucksystem mit reversiblen Hydrokolloiden II
Quintessenz 7, Ref.Nr. 6229, 1235-1241 (1981)

FEIN,U. Untersuchungen über das Dimensionsverhalten verschiedener
Abformmaterialien
Med. Diss. Marburg (1969)

FINGER,W. und LOCKWANDT,P. Abform- und Modellmaterialien, eine
funktionelle Einheit
Dtsch. zahnärztl. Z. 27, 620-624 (1972)

FRANZ,G. und RITZE,H. Prüfung der Verarbeitungs- und Abbindezeit bei
elast. Abformmassen
Dtsch. zahnärztl. Z. 27, 189-196 (1972)

FRANZ,G. Möglichkeiten und Grenzen elastischer Abformmaterialien
Teil II (Vortrag: Salzburg, Meran)
Zahnärztl. Mitt. 2, 64-68 (1975)

FRANZ,G. Zahnärztliche Werkstoffkunde; in: SCHWENZER,N., Zahn-Mund-
Kiefer Heilkunde, Lehrbuch zur Aus- und Fortbildung in 5 Bänden,
Band 3 Prothetik und Werkstoffkunde, 1-137
Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York 1982 1.Aufl.

FRANZ,R. Vergleichende Untersuchungen über das Dimensionsverhalten
elast. Abformmaterialien
Med. Diss. Mainz (1966)

FRANZ,T. Die elast. Rückstellung der Abformmassen und ihre Abhängigkeit
von den Prüfbedingungen
Dtsch. zahnärztl. Z. 27, 604-609 (1972)

FUCHS,P. und KOBES,L. Untersuchungen zum Dimensionsverhalten silikon-
haltiger, elast. Abformmassen
Dtsch. Zahnärztebl. 21, 218-223 (1967)

FUCHS,W.B., MAYER,R. Untersuchungen über die Abschlußdichte einzementierter Gußfüllungen mit unterschiedlicher Präparation der Kavitäten-Rand-Zone
Dtsch. zahnärztl. Z. 25, 757-760 (1970)

GUTOWSKI,A. Die Abformung von Kavitäten und Präparationsstümpfen mit thermoreversiblem Hydrokolloid
Zahnärztl. Welt 80, 650-653 (1971)

HANEL,G. Silone
Zahnärztl. Welt 10, 479-480 (1955)

HARNISCH & RIETH, Firma Dental-Geräte und Maschinen - immer aktuell
Prospekt der Firma HARNISCH & RIETH 7065 Winterbach/Stuttgart

HENKEL,G. Zur werkstofflichen Prüfung der Silikonabdruckwerkstoffe Silone, Permaflexil und Lastic 55
Zahnärztl. Welt 57, 176-178 (1956)

HERMANN,M. Temperaturverhältnisse an der Mundschleimhaut, der Zunge und den Zähnen
Dtsch. zahnärztl. Z. 8 539-543 (1953)

HOFMANN,M. Der Korrekturabdruck (ein neues Abdruckverfahren für festsitzenden Zahnersatz)
Zahnärztl. Welt 74, 160-164 (1965)

HOFMANN,M. und LUDWIG,P. Über das Dimensionsverhalten verschiedener Abdruckwerkstoffe im Hinblick auf ihre Eignung für das Korrekturabdruckverfahren
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, I.Teil 6-19, II.Teil 438-449 (1968)

ILG,V.K. Untersuchungen zum Dimensionsverhalten der Silikon-Abdruckmassen
Dtsch. zahnärztl. Z.
Teil I: Abdruckmaterial: ungeformt
13, 1377-1385 (1958)
Teil II: Abdruckmaterial: geformt, Präparation: positiv
14, 405-420 (1959)
Teil III: Abdruckmaterial: geformt, Präparation: negativ
14, 527-532 (1959)
Teil IV: Abdruckmaterial: geformt, Präparation: positiv und negativ
14, 651-655 (1959)
Teil V: Abdruckmaterial: geformt, Präparation: positiv, Abdruckalter: 1 - 96 Stunden
14, 772-779 (1959)
Teil VI: Abdruckmaterial: geformt, Präparation: negativ, Alter der Abdrücke: 1, 12, 24, 48, 96 Stunden
14, 895-901 (1959)
Teil VII: Abdruckmaterial: geformt, Präparation: positiv und negativ, Alter der Abdrücke: 8, 5 und 14 Tage, Temperatur: 5 - 35°C
14, 1079-1084 (1959)
Teil VIII: Abdruckmaterial: geformt als Futter in einem primären Kerr-Abdruck, Präparation: positiv und negativ, Alter der Abdrücke: 1, 24, 48, 96 Stunden
14, 1649-1654 (1959)
Teil IX: Abdruckmaterial: geformt, aber mit verschieden großer Wandstärke, Präparation: positiv, Alter der Abdrücke: verschieden
15, 427-434 (1960)
Teil X: Zusammenfassung
15, 1202-1209 (1960)

JOHNSON,G. The hydrodynamics of the dentin and its clicinical implictions
Habil. Schr. Stockholm 1974

KALOYANNIDES,T.M. Elasticity of Elastomere Impression Materials
Teil II: Permanent Deformation
J. of Dent. Res. 52, 719-724 (1973)

KALOYANNIDES,T.M. und CHRISTIDOU,L. Elasticity of Impression Materials Teil IV: Permanent Deformation as a Function of Time
J. of Dent.Res. 54, 168-173 (1975)

KERSCHBAUM,Th., VOß,R. Die praktische Bewährung von Krone und Inlay
Dtsch. zahnärztl. Z. 36, 243-249 (1981)

KLEMM,T. Vergleichende Untersuchungen über die elast. Eigenschaften von Xirux und anderen Silikonabdruckmitteln
Dtsch. Zahnärztebl. 19, 406-408 (1965)

KÖRBER,E. und LEHMANN,K. Vergleichende Untersuchungen bei Abdruckmaterialien für Kronen und Brücken
Dtsch. zahnärztl. Z. 24, 791-797 (1969)

KOPP,F. Abdruckmethode; in Schärer,P.; Strub,J. und Belser,M. Schwerpunkte der modernen kronen- und brückenprothetischen Behandlung
Buch- und Zeitschriften-Verlag "Die Quintessenz" Berlin 1979

KOZYKOWSKY,U. Ein klinischer Vergleich der direkten und indirekten Inlayherstellung
Dtsch. Stomat. 24, 673-677 (1974)

KREBS,R. und MARX,H. Meßtechnische Probleme der Oberflächenreproduktion von Abformmaterialien
Dtsch. zahnärztl. Z. 27, 610-615 (1972)

KULENKAMP,D., HANSEN,B. und SCHULZ,K.H. Berufliche Kontaktallergie durch neuartige Abdruckmaterialien in der zahnärztlichen Praxis (Scutan, Impregum)
Zahnärztl. Mitt. 19, 968-969 (1976)

LANDT,H. und GLANTZ,P.O. Abformmassen und Benetzbarkeit von Dentinoberflächen
Dtsch. zahnärztl. Z. 32, 220-224 (1974)

LEHMANN,K.M. und BURGDORF,H.O. Untersuchungen zu zweizeitigen Abdruckverfahren für Kronen und Brücken (Kerr abdr.)
Zahnärztl. Mitt. 87, 430-433 (1978)

LEHMANN,K.M. und BURGDORF,H.O. Untersuchungen zu einzeitigen Abformverfahren für Kronen und Brücken (Doppelmischabdruck)
Zahnärztl. Mitt. 87, 434-436 (1978)

LEHMANN,K.M. Methodik und Systematik der Abformung für festsitzenden Zahnersatz
Zahnärztl. Mitt. 8 486-491 (1980)

LENZ,E. und WELKER,D. Untersuchungen der physikalischen Eigenschaften und des Formverhaltens von Silikonmassen und -abformungen
Dtsch. Stomat. 19, 487-501 (1969)

LENZ,E. Werkstoffkundliche Grundlagen des Abformens mit Silikon-Elastomeren
Dtsch. Stomat. 26, 331-340 (1976)

LEO,D. Form- und Wiedergabegenauigkeit sowie Fließfähigkeit und Formänderung, unter besonderer Berücksichtigung des Speichels, bei Prüfkörpern aus: Alginaten, Silikonen, Polikonen, Polysulfiden, Polyäther-Gummi-Abdruckmasse und Hydrokolloidaler Abformmasse
Med. Diss. Köln (1972)

LOHMÜLLER,R. Über die Genauigkeit des Korrekturabdrucks
Med. Diss. Tübingen (1966)

LUDWIG,P. Über das Volumenverhalten verschiedener Abdruckwerkstoffe im Hinblick auf ihre Eignung für das Korrekturabdruckverfahren
Med. Diss. Tübingen (1967)

MAILE,A. Vergleichende Untersuchung des Dimmensionsverhaltens neuer elastischer Abdruckmaterialien an untersichgehenden Stellen.
Med. Diss. Tübingen (1982)

MARXKORS,R. und MEINERS,H. Taschenbuch der zahnärztlichen Werkstoffkunde
Carl Hanser Verlag, München/Wien (1982)

MAYER,R. Rationelle, prophylaktische Inlaytechnik.
Dtsch. Zahnärztebl. 21, 68 (1967)

MAYER,R. und VAUTZ,G. Untersuchungen über die absolute und relative Trockenheit von Frontzahnkavitäten
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 259-262 (1968)

MAYER,R. Zur Präparationsrandgestaltung bei oraler Rehabilitation
Dtsch. zahnärztl. Z. 32, 120-123 (1977)

MAYER,R. Untersuchungen zu einer prognostisch günstigen Defektversorgung mit gegossenen Füllungen
Dtsch. zahnärztl. Z. 36, 235-242 (1981)

MC LEAN,J.W. Physical Properties Influencing the Accuracy of Silicone and Thiokol Impression Materials
Brit. Dent. J. 104, 441-451 (1958)

MEINERS,H. Grundsätzliches zu Volumenänderungen
Zahnärztl. Welt 82, 438-440 (1973)

MEINERS,H. und RASCHKE,K. Ringlose Abformung mit Hydrokolloiden
Zahnärztl. Welt 82, 445-447 (1973)

MEINERS,H. Abformgenauigkeit mit elastomeren Abformmaterialien
Carl Hanser Verlag, München/Wien (1977)

MEINERS,H. Vergleich der verschiedenen Elastomertypen - Polyadditionssilikone
Zahnärztl. Welt 12, 590-591 (1978)

MEINERS,H. Der richtige Umgang mit elastomeren Abformmaterialien
Zahnärztl. Mitt. 8, 480-485 (1980)

MEINERS,H., MARXKORS,R. und WRONSKA-GOLDA,M. Ungenauigkeit bei der Abformung kantiger Gegenstände
Dtsch. zahnärztl. Z. 35, 917-919 (1980)

MEYER,H. Über die Prüfung elastischer Abformmassen
Dtsch. zahnärztl. Z. 11, 562-569 (1956)

MEYER,H. und UHLIG,H. Über die sogenannte Abdruckschärfe
Dtsch. zahnärztl. Z. 12, 1544-1547 (1957)

MILLER,W.A.C., HANSEN,W.C., DICKSON,G. und SWEENY,W.T. Physical Properties of Synthetic-Rubber-Base Dental Materials
Journal Americ. Dent. Ass. 60, 211-223 (1960)

PARIWASH,F. Untersuchungen über die linearen Dimensionsveränderungen der Silikonabformmassen bei Anwendung des Ergänzungsabdrucks unter mundähnlichen Bedingungen
Med. Diss. Heidelberg (1971)

PFANNENSTIEL,H. Vergleichende Untersuchungen von Abdruckform-Materialien aus der Sicht des Dentallabors
Das Dentallabor 18, 19-23 (1970)

PLATHNER,C.H. und RICHTER,J. Indirekte Inlayherstellung im Frontzahngebiet mit Hilfe von gummielastischen Abdruckmassen
Dtsch. Stomat. 14, 345-353 (1972)

PLATHNER,C.H. Diagnostik und Therapie der Pulpaerkrankungen;
in Pilz,W.; Plathner,L.H.; Taatz,H.: Grundlagen der Kariologie und Endodontie
Carl Hanser, München 1980, 479

RAU,B. Die Genauigkeit unterschiedlicher Abdruckverfahren bei der indirekten Herstellung gegossener Füllungen
Med. Diss. Tübingen (1975)

RASCHE,K.B. Der Sandwichabdruck
Zahnärztl. Welt 87, 481-483 (1978)

REHBERG,H.J. Zusammenhänge zwischen Eigenschaften und klinischer Anwendung elastomerer Abformmassen
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 61-67 (1969)

REHBERG,H.J. und SCHWICKERATH,H. Der Stand unserer Kentnisse über die elastomeren Abformmaterialien
Dtsch. zahnärztl. Z. 29, 282-289 (1974)

REHBERG,H.J. Fließverfahren von Abformwerkstoffen bei planer Ausbreitung
Dtsch. zahnärztl. Z. 34, 670-674 (1979)

REHBERG,H.J. und SCHWICKERATH,H. Die Genauigkeit von Abformung und Modell bei der Inlay-Herstellung
Dtsch. zahnärztl. Z. 36, 333 (1981)

REISBICK,M.H. Effect of Viscosity on Accuracy and Stability of Elastic Impression Materials
J. of Dent. Res. 52 407-417 (1973)

RIETHE,P. Über den Einfluß verschiedener Abdruckmaterialien und Modellwerkstoffe auf die Paßgenauigkeit von MOD-Gußfüllungen
Dtsch zahnärztl. Z. 18, 1034-1040 (1963)

RITZE,H. Elast. Abdruckmaterialien für Kronen und Brückenarbeiten
Zahnärztl. Welt 74, 156-160 (1965)

SCHILDT,W. Entwicklung und Anwendung einer Prüfmethode zur Untersuchung des elast. Verhaltens einiger Abformmaterialien auf Alginat-, Silikon-, Polyäthergummi- und Polysulfidkautschukbasis
Med. Diss. Hamburg (1970)

SCHWICKERATH,H. Zur Form- und Wiedergabegenauigkeit von elastomeren Abformmaterialien
Dtsch. zahnärztl. Z. 27, 616-619 (1972)

SCHWINDLING,R. Indirekte Bestimmung des Dimensionsverhaltens von Silikonabformmassen
Stoma. (Heidelberg) 13, 121-127 (1960)

SCHWINDLING,R. Die Abformung mit silikonhaltigen Abformmassen
Dtsch. zahnärztl. Z. 21, 930-936 (1966)

SCHWINDLING,R. Das Messen von Dimensionsveränderungen an elastomeren Abformwerkstoffen
Zahnärztl. Welt 79, 771-776 (1970)

SKINNER,E.W. und PHILLIPS,R.W. The Science of Dent. Mat., 6th Edition, W.B. Saunders Comp., Philadelphia/London (1969)

SONNABEND,E. und MASCHINSKI,G. Ergebnisse von Messungen der Randspalte an Guß- bzw. Amalgamfüllungen nach mehrjähriger Liegedauer
Dtsch. zahnärztl. Z. 36, 257 (1981)

STACHNISS,V. Die Abformung mit Hydrokolloiden
Zahnärztl. Welt 87, 592-595 (1978)

STAHL,E. Präzise Abdrücke nach dem Doppelabdruckverfahren, speziell für stufenlose Präparationen und Herstellung exakter Modelle für die indirekte Kronen-, Brücken- und Inlayarbeiten
Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 46-52 (1956)

STÜBEN,J. Vergleichende Untersuchungen an modernen, in der Odonto-Stomatologie verwendeten elast. Abdruckmaterialien
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 73, 1012-1028 (1963)

STÜBEN,J. und HOPPE,W.F. Über die Verwendung gummielast. Materialien bei der indirekten Methode zur Herstellung von Gußfüllungen
Dtsch. zahnärztl. Z. 16, 716-721 (1961)

WALSER,R. Einfaches und vollkommenes Abdruckverfahren für Silikonmassen
Zahnärztl. Welt 67, 179-181 (1958)

WASSERMANN,P. Vergleichende Untersuchungen über das Formverhalten versch. Abdruckmaterialien zur Herstellung von Gußfüllungen auf direktem und indirektem Wege
Med. Diss. Kiel (1964)

WELKER,D. und MEHNER,M. Additionsvernetzte Silikone-Abformwerkstoffe
Dtsch. Stomat. 29, 391-400 (1979)

WELKER,D. Aluminium- Siliko- Polyakrylatzement (ASPA) im vergleichenden-werkstoffkundlichen Test
I. Standortbestimmung: Untersuchungen an den Komponenten und an Mischungen in der Verarbeitungsphase
Dtsch. zahnärtzl. Z. 36, 114-120 (1981)

WELKER,D. Aluminium- Siliko- Polyakrylatzement (ASPA) im vergleichenden-werkstoffkundlichen Test
II. Untersuchungen an Mischungen nach dem Erhärten; vergleichende Bewertung von ASPA
Dtsch. zahnärztl. Z. 36, 478-487 (1981)

WERNER,D.G. Vergleichende Untersuchungen über die Abformgenauigkeit von Silikon- und Hydrokolloidabformmassen für die indirekte Gußfüllungstechnik
Med. Diss. Tübingen (1980)

WILHELM,W. Vergleichende Untersuchungen über die mittels verschiedener Abdruckmaterialien hergestellten Oberflächengestalten
Med. Diss. Mainz (1970)

WILL,R. Ein Beitrag zur rationellen indirekten Inlayherstellung unter Verwendung gummielast. Abdruckmassen
Dtsch. zahnärztl. Z. 13, 328-333 (1958)

WOLKENSZTEIJN,M.M. Caractéristiques de Surface des Empreintes Aux Hydrocolloides et Aux Elastomeres Dans Leur Utilisation En Milieu Buccal
Rev. D`Odonto-Stomatologie 4, 313-330 (1973)

WUPPER,H. Materialbedingte Fortschritte der Inlaytechnik
Zahnärztl. Welt 75, 165-169 (1966)

ZÖLLICH,R. Praxiserfahrungen mit Silikonabformmassen
Zahnärztl. Welt 60, 369-370 (1959)

ZEISS,C., Firma ZEISS-Universalmeßmaschine UMM 500, Tasten und Rechnen im Raum
Prospekt der Firma CARL ZEISS, Oberkochen

Herrn Professor Dr. R. MAYER möchte ich für die Überlassung des Themas und vor allem für die freundliche Unterstützung während der Arbeit recht herzlich danken.
Besonderen Dank schulde ich meinem Vater, der sich als geduldiger Patient erwies und die zahlreichen Abformungen über sich ergehen ließ.
Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Ing. H.G.Pressel, sowie der Firma Carl Zeiss in Oberkochen, für die Durchführung der Messung.
Für die Unterstützung bei der Statistik und der Auswertung der Ergebnisse bedanke ich mich bei Herrn Dipl. Physiker D.Lukas ebenso wie bei Herrn Klaus Rönnfeld, der mir bei den graphischen Darstellungen behilflich war.
Gedankt sei auch Schwester Johanna sowie meinen ehemaligen Kommilitonen H.Ruoff, D.Nirk und W.Osswald, die mir bei den Abformungen assistierten.

Lebenslauf

Am 17. Oktober 1950	wurde ich, Jürgen Wagenhals, als Sohn des Bilanzbuchhalters Walter Wagenhals und seiner Frau Anna-Maria, geb. Weniger, in Stuttgart-Bad Cannstatt geboren.
Von 1957 - 1961	besuchte ich die Grundschule in Bad Cannstatt,
von 1961 - 1968	das Gottlieb-Daimler-Gymnasium in Bad Cannstatt,
von 1968 - 1971	machte ich eine Lehre bei der Firma SEL in Stuttgart, die ich mit dem Facharbeiterbrief als Mechaniker abschloß.
Von 1971 - 1974	besuchte ich das Kolping-Kolleg in Stuttgart, das ich nach bestandenem Abitur verließ.
Seit dem 25. August 1972	bin ich mit Barbara Josephine Wagenhals, geb. Gerst, verheiratet.
Im SS 1975	begann ich das Studium der Zahnheilkunde in Tübingen.
Am 6. Juli 1976	bestand ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung und
am 13. Oktober 1978	die zahnärztliche Vorprüfung.
Am 24. Juni 1981	legte ich das zahnärztliche Staatsexamen in Tübingen ab.
Vom Oktober 1981 bis Dezember 1982	leistete ich meinen Grundwehrdienst bei der Bundeswehr ab.
Seit 1. Januar 1983	bin ich als Assistent in Nagold tätig.

Offsetdruck Spengler
Lessingstraße 4 · 7401 Neustetten 1
Telefon (0 74 72) 2 21 45